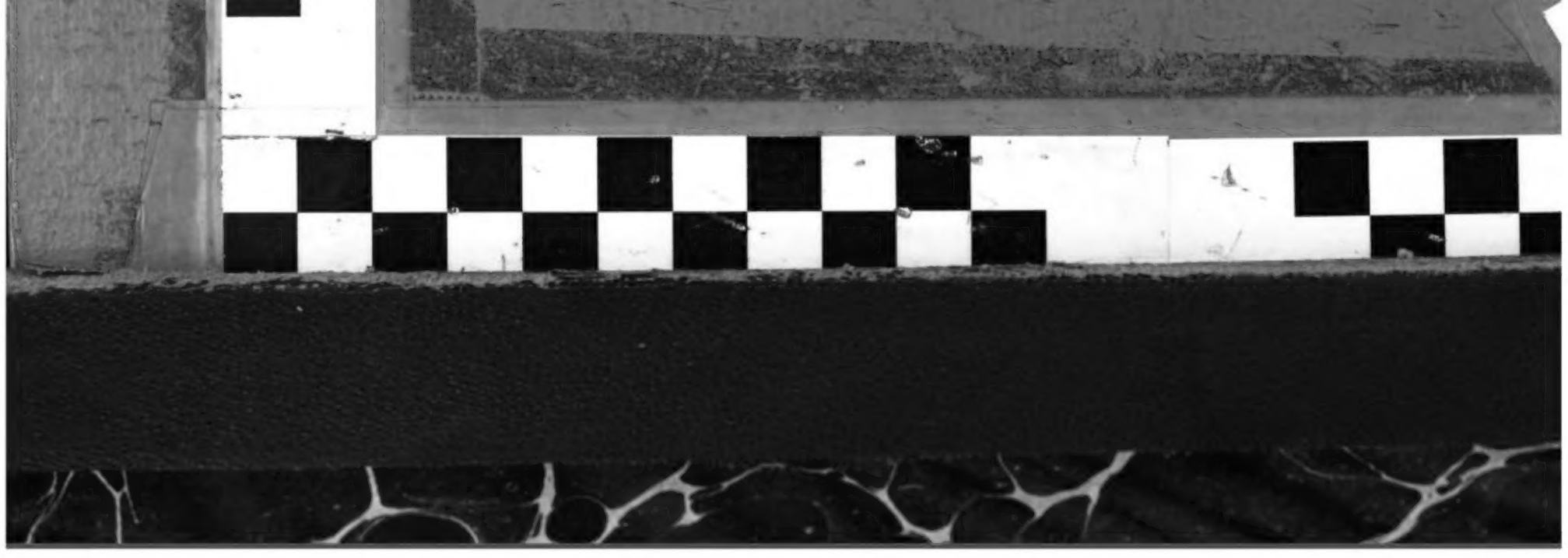
NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 08403314 5

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

V 1

3-PA
Marba

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Populäres Physikalisches Lexikon

oder

Handwörterbuch

der

gesammten Naturlehre

für

die Gebildeten aus allen Ständen

von

Gotthard Oswald Marbach,

Doctor der Philosophie und akademischem Docenten zu Leipzig.

Erster Band.

A bis D.

Was du ererbt von deinen Vätern hast,
Erwirb es, um es zu besitzen.

Göthe.

Leipzig, 1834.

Verlag von Otto Wigand.

P.H. VAN DER WEYDE

Digitized by Google

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
242737
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.
1901

Digitized by Google

Vorrede.

Alles handwerkmäßige und künstlerische Treiben hat nur den Zweck, die Produkte der Natur auf eine den menschlichen Bedürfnissen angemessene Weise zu vervielfältigen oder zu verarbeiten. Die Bedürfnisse der Menschen steigern sich nicht allein durch die fortwährende Vermehrung der Anzahl, sondern mehr noch durch die fortwährend sich steigernde und ausbreitende Bildung derselben. Je gebildeter der Mensch ist, desto mehr hat er Bedürfnisse. Das Thier hat die wenigsten, es begnügt sich mit den einfachen unveränderten Produkten der Natur, diesem am nächsten steht der ungebildete Mensch, es gehört wenig dazu ihn zu befriedigen. Man halte indeß die Menge von Bedürfnissen, welche die Bildung mit sich bringt, für kein Unglück. Ein Unglück sind dieselben nur, wenn sie nicht ihre Befriedigung erhalten können, sonst sind sie vielmehr ein Glück zu nennen, denn je mehr Bedürfnisse der Mensch befriedigen kann, desto mehr Genuß hat er, desto behaglicher lebt er, desto glücklicher ist er. Freilich ist dieses Glück nur sinnlicher Art, aber es hört darum nicht auf, ein Glück zu sein, und eine Mehrzahl von Menschen haben, außer dem höheren, welchen die Religion vorsetzt, keinen anderen Zweck des Lebens, als einander das Glück des sinnlichen Genusses zu verschaffen. Wenn nun die Bedürfnisse des ge-

Digitized by Google

bildeten Menschen Vervielfältigung und Verarbeitung der Naturprodukte verlangen, so geht daraus die Nothwendigkeit hervor, die Produkte der Natur auch nach allen in ihnen liegenden Eigenschaften und Kräften zu kennen, und da diese eine seit Jahrtausenden angebaute Wissenschaft, die Physik lehrt, die Anforderung, sich mit dieser bekannt zu machen.

Die Zeit der Mysterien, der Geheimnisse ist vorüber. Einst war die Wissenschaft der Physik das Eigenthum weniger einzelner, die sie benutzten, um ihre Mitmenschen von sich abhängig zu erhalten, und oft dieselbe zum Theil aus Unverstand, zum Theil aus bösem Willen mißbrauchten. Wir glauben an keine Zauberer und Hexenmeister mehr, die Kräfte der Natur sind aber so mächtig und wahrhaft wunderbar, wie nur je die Thaten waren, die Zauberer und Hexenmeister vollbrachten oder die ihnen nachgefabelt wurden. Zauberer haben sich gerühmt, den Mond vom Himmel ziehen zu können, und der menschliche Scharfsinn hat in der That schon Mittel gefunden, denselben dem Auge so nahe zu rücken, daß man Karten von der Oberfläche desselben hat entwerfen können. Wenn Guericke zwei hohle Halbkugeln an einander legt, und nun die Kraft von 30 Pferden nicht hinreicht, dieselben von einander zu trennen, so würde man dieß für Zauberei halten, hätte Guericke den Schleier des Geheimnisses über seine Entdeckung gezogen, und nicht vielmehr jedem die Mittel an die Hand gegeben, ein gleiches zu bewerkstelligen. — Leblose, sinnlose Maschinen vollbringen die künstlichsten Arbeiten, üben die ungeheuersten Kräfte aus, und stiegen unsere Väter aus den Gräbern und sähen das Wirken einer Dampfmaschine, sie würden, auch die freigeistigsten unter ihnen, ein Wunder zu sehen glauben. Und sie würden nicht irren. Eine ganze Welt von Wundern, von denen die ungebildeten Menschen, und die Zahl derselben ist größer, als es den Anschein hat, keine Ahnung haben, thut sich dem auf, der das Gebiet der Physik betritt. Wir nennen nur nicht mehr Wunder, wo wir einigen Zusammenhang von Ursache und Wirkung gewahren, aber in der That bleibt die Ursache so wunderbar, wie die Wirkung; aber die Ursache selbst sehen wir

Digitized by Google

nicht, und darum meint der nur sinnliche Mensch, auch das Wunder sei verschwunden. Die Wirkung der Dampfmaschine ist ein geringeres Wunder als die Eigenschaft des Dampfes, wodurch sie möglich wird, denn sie ist nur Eine Anwendung von jener Eigenschaft. Eine größere Aufforderung zu Erkundung der Wissenschaft der Physik, die aus mystischem Dunkel ans helle Licht der Welt hervorgetreten, eine größere Aufforderung, als welche wir oben angeben und die den Handwerker und Künstler anging, liegt für den gebildeten Menschen in der ihm angestammten Wißbegierde, dem Wunderbaren nachzuspüren, die Ursache der Wirkung bis ins Unendliche zu verfolgen, nimmer rastend, und in jeder neuen Entdeckung einen geistigen durch kein irdisches Weh gestörten Genuß zu finden.

Es ist hier vielleicht der Ort zweien weit verbreiteten Vorurtheilen zu begegnen. Das eine betrifft die erste Empfehlung der Physik, das andere die zweite.

Die Anwendung der Physik zu größerer Vollendung und zu Vermehrung der Kunstprodukte, namentlich das Maschinenwesen, meint man, zerstöre das Lebensglück unzähliger Menschen, indem die Arbeit, die diesen bisher reichlichen Unterhalt verschaffte, übertroffen ja überflüssig gemacht werde; deswegen, meint man, sei für das Menschengeschlecht die Anwendung der Physik vielmehr verderblich als nützlich, und man hat sogar darauf angetragen, von Staatswegen das Maschinenwesen zu hemmen. Es läßt sich nicht leugnen, daß eine einzige Maschine oft Tausenden von Menschen den Erwerb entziehe; allein werfen wir einen Blick auf das Ganze, einen Augenblick die Einzelnen unglücklichen vergessend. Je mehr Maschinen, desto mehr wird Arbeit geliefert mit Anstrengung um so geringerer Kräfte, und wie die Menge der gelieferten Produkte steigt, fällt der Preis derselben, desto leichter wird es also, sich dieselben zu verschaffen. Vergleichen wir unsere Zeit mit der Vergangenheit. In der That wird jetzt von der Mehrzahl der Menschen bei weitem weniger verdient als ehedem; aber dennoch haben

die jetztlebenden Menschen durchgängig eine Unzahl von Genüssen mehr als unsere Väter. Wenn Alles wohlfeiler wird, reicht ein geringer Erwerb hin, um Befriedigung der Bedürfnisse möglich zu machen. Es kommt nur darauf an, daß die Wohlfeilheit wachse mit Verringerung des Erwerbes, und dieß ist der Fall; denn eben nur durch Herabdrückung der Preise vermag die Maschine sich zu halten. Aber die Bedürfnisse, wendet man ein, wachsen, während der Erwerb sinkt, und wenn derselbe auch ausreichte, wegen gleichzeitigen Sinkens der Preise, das Nothdürftige zu befriedigen, so reicht er doch nicht hin, auch den gesteigerten Bedürfnissen Genüge zu leisten. Allein, je mehr Hände durch Maschinen entbehrlich gemacht werden, desto mehr können sich auch auf neue Erwerbszweige richten, welche die Befriedigung der neu entstandenen Bedürfnisse bezwecken, und so wachsen mit den Bedürfnissen auch die Erwerbsquellen. Für das ganze Menschengeschlecht ist also offenbar die Anwendung der Physik zu Vermehrung und Bewirkung größerer Mannigfaltigkeit der Kunstprodukte nur heilsam. Was aber dem Ganzen förderlich und nützlich ist, kann nicht um des Heiles der Einzelnen willen zurückgehalten werden. Der Schaden, welcher scheinbar angerichtet wird, gleicht sich in Einem Menschenalter aus; an den Einzelnen aber liegt die dringende Aufforderung, hinter der Bildung und dem Gewerbsfleiße der Zeit nicht zurückzubleiben, also sich mit den Kräften der Natur bekannt zu machen, damit sich in kluger Benutzung derselben, neue Erwerbsquellen für ihn öffnen, wenn die älteren zum Privatvortheil Einzelner durch die Industrie derselben abgeleitet werden.

Das zweite Vorurtheil gegen die Physik, welches bei bestdenkenden Menschen verbreitet zu sein pflegt, ist die Meinung, es werde durch die Physik der Religiosität Eintrag gethan. Nur auf einer sehr untergeordneten Stufe der Naturerkenntniß ist dieß allerdings der Fall. Als die Naturwissenschaften nur eben aus dem geheimnißvollen Dunkel hervortraten, welches sie Jahrhunderte verborgen gehalten hatte, war Atheisterei und Unglaube die erste Frucht derselben. Der Grund war der tiefe Aberglaube, in welchem die da-

Digitized by Google

malige Zeit versunken war; geblendet von dem hellen Lichte, was sich dem Blicke aufthat, schlug jener Aberglaube in sein Gegentheil, in den Unglauben um. Aber diese Verblendung war nur vorübergehend. So wie das geistige Auge des Menschengeschlechtes seine natürliche Schärfe wiedererlangt hatte, fand es in dem Lichte der Naturwissenschaften eine größere Anregung zur Gottesverehrung, als vorher in dem Dunkel der Unwissenheit. Es ist eine des Menschen, dem Gott Geist von seinem Geiste mitgetheilt hat, würdigere Gottesverehrung, die aus der Erkenntniß der ewigen Weisheit seines Schöpfers hervorgeht, als die, welche ihren Grund in feiger Furcht vor der als ein dunkles Schicksal wirkenden Gottheit hat. Jener Durchgang vom Aberglauben durch den Unglauben zum wahren des vernünftigen Menschen würdigen Glauben, war einzelnen verderblich, aber dem Menschengeschlechte zu ewigem Heile. In unserer Zeit, deren Richtung dem Unglauben gleich Feind wie dem Aberglauben ist, kann auch für den Einzelnen nicht mehr zu fürchten sein, daß das Licht der Naturwissenschaften ihn blenden und zum Unglauben führen werde. Während es einst für gefährlich gehalten wurde, die Bewegung der Erde um die Sonne zu lehren, so hat jetzt vielmehr die Religion einen der größten Beweise für die ewige Weisheit Gottes in der Weisheit, mit der das Weltall geordnet ist, von Seiner Allmacht in der Kraft, durch welche die Weltkörper seit Jahrtausenden in ihren Bahnen gehalten werden.

Ich habe nun nur noch Einiges über die Einrichtung des vorliegenden Werkes zu sagen, dessen Nützlichkeit, wenn es anders seinem Zwecke entspricht, durch das Vorangehende, wie ich meine, dargethan sein wird. Wir besitzen bereits ein ausgezeichnetes Physikalisches Wörterbuch von Gehler, neu bearbeitet von Brandes, Gmelin, Horner, Muncke, Pfaff. Schon die Namen so ausgezeichneter Naturforscher bürgen dafür, daß das von ihnen Gegebene in seiner Art vollkommen sein werde. So ausgezeichnet aber dieses Werk auch ist, so ist es doch nur für den Gelehrten von Fach zugänglich. Nicht allein wegen des gewaltigen Umfanges, (bis Pn sind 12 Bände erschienen), und des hohen Preises, sondern

Digitized by Google

grade dadurch, worin sein größter Vorzug besteht, durch die große Gelehrsamkeit, die in ihm niedergelegt ist, und die eine Masse von Vorkenntnissen voraussetzt, die der Gebildete, welcher das Studium der Naturwissenschaften und der Mathematik nicht zum Berufe seines Lebens gemacht hat, unmöglich besitzen kann. Daher hab' ich zwar bei Bearbeitung dieses Populären physikalischen Lexikons eine treffliche Quelle in dem genannten Werke, aber weder wird meine Arbeit durch dasselbe überflüssig gemacht, noch wird jenem Werke durch dieses das ihm angemessene Publikum entzogen. Ein berühmter Naturforscher hat einmal geäußert, es sei soviel Wissenschaft in der Physik, als Mathematik in ihr enthalten sei, und ist dieß wirklich der Fall, so macht gegenwärtiges Werk nicht den Anspruch, einen hohen Rang in der Wissenschaft einzunehmen. Die Erscheinungen, wie sie beobachtet, die Eigenschaften und Kräfte der Körper, wie sie aus den Beobachtungen erforscht worden sind, darzulegen, ist der Zweck dieses Werkes. Die Mathematik ist eine Wissenschaft, welche populär darzustellen unmöglich ist, weil in ihr keine Resultate der Erfahrung, sondern einzig Resultate des denkenden Verstandes enthalten sind. Ich habe bei meinen Lesern nur sehr geringe Vorkenntnisse in Bezug auf Mathematik vorausgesetzt, nämlich nur so weit dieselben jetzt auf jeder guten Bürgerschule gelehrt werden; denjenigen, welche indeß auch dieser Vorkenntnisse entbehren, und welche das Bedürfniß fühlen, dieselben sich zu erwerben, empfehle ich meine

Elemente der reinen Mathematik,

welche noch im Laufe dieses Jahres in der Verlagsbuchhandlung des gegenwärtigen Werkes erscheinen werden, und auf die ich im gegenwärtigen Werke, wo ich es für nöthig erachte, verweisen werde.

Welche Ansichten mich bei Anfertigung dieses Werkes geleitet haben in Bezug auf die Ausdehnung, welche ich dem Worte Physik gegeben, darauf werde ich unter dem Artikel Physik selbst zu sprechen kommen. Hier erwähne ich nur, daß ich das Wort Physik in seiner weitesten Bedeutung genommen, und also auch die Gebiete

Digitized by Google

der Chemie, Physiologie, Astronomie, physischen Geographie, Meteorologie mit inbegriffen habe, so zwar daß die größte Ausdehnung den rein physikalischen Artikeln gegeben worden.

Es ist nicht anders möglich, als daß viele einzelne Artikel eines wissenschaftlichen Wörterbuches eine Menge anderer Artikel zur Voraussetzung und zur Fortsetzung haben. Nur wo es unumgänglich nothwendig schien, habe ich auf solche Artikel verwiesen, doch wird natürlich überall nachzuschlagen sein, wo Ausdrücke gebraucht werden, die an dem Orte, wo sie vorkommen, selbst nicht erklärt werden. Ich habe ferner um den Zusammenhang so wenig, als bei einem Wörterbuche möglich, zu unterbrechen, zusammengehörige Artikel zusammengefaßt. Ein genaues Verzeichniß aller unter den verschiedenen Artikeln abgehandelten Gegenstände wird in einem eigenen Registerbande gegeben werden, zugleich mit Erklärung aller, namentlich auf Maße und Gewichte sich beziehenden Abkürzungen, deren ich mich bedient habe. Auch werde ich an seinem Orte Reductionstabellen der Maße und Gewichte zu geben nicht versäumen.

Ich hoffe, unparteiische Richter werden mir das Verdienst des Fleißes und der sorgsamen Benutzung der Quellen, die bei einer so lebendigen Wissenschaft, wie die Physik ist, täglich sich vermehren, zuerkennen. Für nöthig habe ich erachtet, die Beschreibung von Instrumenten und von Beobachtungen nach den besten Autoritäten wörtlich zu geben, weil durch ein Wiedergeben mit anderen Worten leicht die Sache in ein unrechtes Licht gestellt wird, oder scheinbare Kleinigkeiten, auf die oft grade das meiste ankommt, weggelassen werden können. Andrerseits aber wird man hoffentlich in meinem Werke keine compilatorische Arbeit erkennen, sondern überall sehen, daß das gegebene mein wohlerworbenes Eigenthum sei. Wie es denn im Reiche des Gedanken überhaupt nicht möglich ist, ohne eigenes Nachdenken andere für sich denken zu lassen, und wer da meint, daß sich dieß anders verhalte, gar bald in der Blöße der offenbarsten Unwissenheit erscheint.

Digitized by Google

So schließe ich denn dieses Vorwort mit dem Wunsche, daß ich meine Arbeit recht vielen meiner deutschen Mitbürger zum Nutzen und mir selbst nicht zur Unehre glücklich unter Hilfe Gottes zu Ende bringen möge.

Leipzig, den 18. Octbr. 1833.

Gotthard Oswald Marbach.
Doctor der Philosophie und akademischer Docent zu Leipzig.

Digitized by Google

A.

Abdampfung ist eine chemische Operation, um durch Lösung verbundene Körper zu trennen, indem mittelst der Wärme die flüchtigen Theile in der Luft zerstreut werden. Die zurückbleibenden feuerbeständigeren Theile sind die nutzbaren.

Abend nennt man sowohl die **Zeit** des Sonnenunterganges, als auch die **Himmelsgegend**, nach welcher die Sonne und die übrigen Gestirne untergehen. Diese letztere heißt genauer **Abendgegend**, **Westen**, **westliche Himmelsgegend**, **Occident**, (aus dem lat. occidens, Untergang).

Abendpunkt, Westpunkt. Wenn man in der Ebene des Horizonts Fig. 1. (ANQ) eine gerade Linie (AQ) senkrecht auf den Mittagskreis (NDn) zieht, so schneidet diese den Horizont in zwei Punkten, A und Q von denen der dem Beobachter, der das Gesicht dem Nordpunkt (N) zugewendet hat, links liegende (A) der **Abendpunkt** heißt; der rechts liegende (Q) ist der **Morgenpunkt**. Dieß sind die nämlichen Punkte, in denen der Horizont (ANQ) und der Aequator (ADQ) sich schneiden, und die 90° im Horizont vom **Nord-** und **Südpunkte** entfernt liegen. Nur zur Zeit der Nachtgleichen (also am 21. März und am 23. September) geht die Sonne im Abendpunkte unter, im Sommer nordwärts, im Winter südwärts von ihm.

Abendroth, Abendröthe, ist die den Untergang der Sonne begleitende Erscheinung eines nach der verschiedenen Reinheit des Firmaments vom Gelb und Hellroth bis zum Dunkelroth wechselnden Glanzes der westlichen Himmelsgegend. Die optische Erklärung dieser Erscheinung siehe unter **Farbe des Himmels**. Da sie ihren Grund in den die Atmosphäre verhüllenden Dünsten hat, so kann man aus ihrer Beschaffenheit mit ziemlicher Sicherheit auf die Witterung der nächsten Tage schließen. Besteht die Abendröthe in einem leichten Purpur, der einen schönen blauen Himmel röthet, so darf man auf anhaltend gute Wittrung hoffen, wogegen eine sehr rothe trübe Abendröthe, so wie weißlich gelbe, kein gutes Wetter erwarten läßt. Auf stürmisches Wetter deutet es, wenn die Sonne in einem weißen Lichtglanze untergeht, durch den sie selbst, mehr weiß als gelb, nur wenig vorglänzt.

Abendweite. Die im Aequator stehenden Sterne gehen im Abendpunkte unter, die Punkte aber, in denen die nördlich vom Aequator stehenden Sterne untergehen, liegen nördlich vom Abendpunkte, sowie die Punkte, in denen die südlich vom Aequator liegenden Sterne untergehen, südlich vom Abendpunkte liegen. Der Bogen des Horizonts, welcher zwischen dem Punkte, in dem ein Stern untergeht und dem Abendpunkte liegt, heißt seine **Abendweite**. Es ist klar, daß die Abendweite eine nördliche und eine südliche sein kann. Man findet

Digitized by Google

die Abendweite eines Sternes, wenn man sein Azimuth für den Augenblick des Unterganges von 90° abzieht, oder seinen Ueberschuß über 90° nimmt, wenn es 90° übersteigt. Denn, wenn Fig. 2. HLO der Horizont, ALE der Aequator und HEOA der Mittagskreis ist, und U der Punkt, in dem der Stern S untergeht, so ist L der Abendpunkt, H der Nordpunkt, HU das Azimuth für den Augenblick des Niederganges des Sternes S, UL die Abendweite, folglich UL = HL — HU, HL = 90° folglich UL = 90° — HU; oder geht der Stern S' in U' unter, so ist LU' seine (südliche) Abendweite = HU' — 90°. — Da die Sonne nur zur Zeit der Nachtgleichen im Abendpunkt untergeht, so hat auch sie eine Abendweite. Diese ist am längsten und kürzesten Tage, wo ihre Abweichung 23° 27′ 45″. beträgt, unter dem Aequator = 23° 27′ 45″

in 15°	geogr.	Breite	= 24. 20. 34.
= 30°	=	=	= 27. 22. 14.
= 45°	=	=	= 34. 16. 06.
= 60°	=	=	= 52. 46. 41.
= 65°	=	=	= 70. 24. 26.

Abgießen oder Abnehmen ist eine einfache mechanische Operation, wodurch man entweder zweierlei Flüßigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte oder Flüßiges von Festem trennt. Es geschieht dies durch Neigen des Gefäßes, mittelst des Hebers, der Spritze, des Scheidetrichters.

Abirrung des Lichtes, Aberration, (aus dem lat. aberratio Abirrung). Die Erde bewegt sich in einem Kreise um die Sonne, man sollte also meinen, daß man diese Bewegung der Erde auch an den Fixsternen wahrnehmen müßte, daß über dem Haupte des Beobachters in einer bestimmten Stunde der Nacht täglich andre und andre Sterne erscheinen müßten; man sollte meinen: die Sterne müßten eine jährliche Parallaxe haben. Man beobachtete in dieser Absicht die Fixsterne, weil aber der Durchmesser der Erde im Verhältniß zu den Entfernungen der Fixsterne unter einander eine verschwindend kleine Größe ist, so fand man keine Parallaxe, machte dagegen, die ungemein wichtige und interessante Entdeckung, daß die Fixsterne, eine scheinbare Bewegung in einer Ellipse haben, deren große Axe 40″,8 beträgt und deren kleine Axe für die Sterne in dem Pole der Ekliptik gleichfalls 40″,8 beträgt, dann aber mit der Entfernung der Sterne von diesem Pole abnimmt, bis sie endlich in der Ekliptik gänzlich verschwindet, wo dann jene Ellipse eine gerade Linie wird. James Bradley war es, der in den Jahren 1725, 26 und 27 diese Beobachtung machte, indem er zugleich einsah, daß die bemerkte Bewegung keineswegs eine Parallaxe sein könne. Denn, da die große Axe der Ellipse bei allen Sternen gleich groß ist, so müßten, sollte jene Bewegung eine Parallaxe sein, alle Sterne gleichweit von der Erde entfernt sein. Wir sehen demnach die Fixsterne gar nicht in dem Orte, den sie eigentlich im Weltraum einnehmen, sondern stets in einer bestimmten Entfernung von diesem Orte, um den sie sich scheinbar herum bewegen. Diese merkwürdige Erscheinung, sagt man, ist entstanden durch Abirrung

Digitized by Google

des Lichtes, und den Winkel, welchen eine gerade Linie nach dem wirklichen Orte des Sternes vom Auge des Beobachters gezogen, und eine eben daher nach dem scheinbaren Orte des Sternes gezogene gerade Linie mit einander machen, heißt die Abirrung, Aberration des Sternes. Eine leicht verständliche mathematische Betrachtung (aus Littrow's popul. Astron.) wird dieß näher erklären. Gesetzt es befindet sich Jemand auf einem viereckigen Schiffe, welches ihm unbewußt mit großer Schnelligkeit von Westen nach Osten einen Strom herunterfährt, auf dem Boden seien nach der Breite des Schiffes gerade Linien senkrecht auf die Seiten des Schiffes gezogen, die also gleichsam die Meridianlinien des Schiffes vorstellen. Man nehme ferner an, es werde vom mittägigen Ufer aus, genau in der Richtung des Meridians eine Kugel auf das Schiff abgefeuert, die durch beide Wände desselben gehe. Hätte das Schiff still gestanden, so würden die beiden Löcher, welche die Kugel in das Schiff schlägt, genau über derselben Meridianlinie auf dem Schiffsboden liegen. Da aber das Schiff sehr schnell gegen Osten fährt, so wird es, nachdem die Kugel durch die erste südliche Wand geschlagen hat, einen gewissen Weg zurücklegen, bis die Kugel die zweite Wand erreicht, und dieser Weg wird desto größer sein, je größer die Geschwindigkeit des Schiffes gegen die der Kugel ist. Sind z. B. AB, A′B′, A″B″.... (Fig. 3.) die gleichweit von einander entfernten Meridiane des Schiffes, und trifft die Kugel die südliche Wand in A, die nördliche aber in B′, so hat die Kugel den Weg AB = A′B′ zurückgelegt, während das Schiff den Weg BB′ zurücklegte. Ein Mann in dem Schiffe, der nicht weiß, daß er selbst sich mit dem Schiffe bewegt habe, wird daher glauben, man habe nach seinem Schiffe in der Richtung AB′ geschossen, während man doch wirklich in der Richtung des Meridians AB auf dasselbe schoß. Gesetzt aber, er weiß, daß er sich bewege, und daß man in der Richtung des Meridians auf ihn schieße, und daß die Kugel in A″ das Schiff treffen werde, und er wollte eine Röhre, einen Kanal, auf dem Schiffe so legen, daß die Kugel ungehindert durch diesen Kanal durchgehe, ohne die Seitenwände desselben zu berühren, so würde er diesem Kanal offenbar nicht die Richtung A″B″, in welcher die Kugel wirklich abgeschossen wird, sondern die der Linie AB′ parallele Richtung A″B, oder die Richtung CB geben müssen, d. h. die Richtung des Kanales würde die Diagonale A″B des Rechteckes ABA″B″ sein müssen, und es ist klar, daß dies auch dann noch wahr sein wird, wenn die Richtung der Kugel A″B″ nicht senkrecht auf die Seitenwände des Schiffes wäre, oder wenn aus den Rechtecke irgend ein anderes Parallelogramm würde.

Was von der Röhre und der Kugel gesagt wurde, gilt unverändert auch von unseren Fernröhren und dem Lichte, welches die Sterne zu uns senden, vorausgesetzt, daß die Erde sammt dem Fernrohre, wie vorhin das Schiff, sich bewege, und daß die Geschwindigkeit der Erde gegen die des Lichtes *) noch beträchtlich genug sei, um unseren Sinnen

*) S. d. Art. Licht, Geschwindigkeit desselben.

Digitized by Google

merkbar zu sein. Wenn man das Fernrohr so richten will, daß der Stern darin erscheine, d. h. daß sein Licht von den Wänden des Rohres ungehindert bis in unser Auge komme, so muß man das Rohr nicht dorthin richten, wo der Stern wirklich ist, sondern auf einen anderen Ort, welcher gegen den wahren Ort des Sternes verschiedene Lagen haben wird, je nachdem die Richtung der Bewegung der Erde und des Lichtes verschieden ist. Diese verschiedene Lage des scheinbaren Ortes des Sternes könnte vielleicht jene Ellipse sein, von welcher wir oben gesprochen haben. Um dieß genauer zu untersuchen, wollen wir diesen scheinbaren Ort für jeden besondern Fall näher zu bestimmen suchen. Es sei also Fig. 4. ABCD die kreisförmige Bahn der Erde, in deren Mittelpunkte S die Sonne ist. Gesetzt die Geschwindigkeit der Erde sei von der Art, daß sie, wenn sie in A eine geradlinige Bewegung (also in der Tangente an den Kreis ABCD) annähme, sie in derselben Zeit, in welcher das Licht eines Sternes E von E nach A käme, eine Strecke Aà zurücklegen würde. Verlängert man die Tangente àA bis Aa = àA ist, zieht Ec mit Aa und ea mit EA parallel, so ist nach dem Vorhergehenden die Diogonale Ac des Parallelogrammes AEac die Richtung, welche man dem Rohre geben muß, um den Stern zu sehen, oder Ac ist die Linie nach dem wahren, Ae die Linie nach dem scheinbaren Orte des Sternes, also der Winkel EAe die Aberration des Sternes.

Abklingen der Bilder. Wenn man eine Zeit lang auf einen hellen Gegenstand hingesehen hat, und sodann schnell die Augen schließt oder ins Finstere richtet, so hat man das Bild des gesehenen Gegenstandes noch eine Weile vor sich; auch verschwindet dasselbe nicht plötzlich, sondern nach und nach, immermehr an Klarheit und Deutlichkeit abnehmend, unter einer Reihe von Farbenwandlungen; diese Erscheinung nennt man das Abklingen der Bilder. Folgendes sind zwei erläuternde Versuche von Purkinje und Göthe.

Man schaue eine Kerzenflamme 12 Secunden bis 1 Minute lang an, und bedecke darauf das Auge schnell mit der Hand, so daß das Gesichtsfeld vollkommen finster ist. Im ersten Momente darauf erblickt man noch das blendende Flammenbild in seiner ursprünglichen Art, welches aber blitzschnell von Außen nach Innen verschwindend einem gelben Bilde den Platz läßt. Dieses dauert länger als das vorige und verschwindet auf gleiche Weise, worauf ein rothes an seine Stelle tritt; diesem folgen successiv in derselben Art ein blaues, ein mild weißes und ein schwarzes Farbenbild, und zwar so, daß jedes später verschwindende immer länger stehen bleibt, als jedes vorhergehende, bis auf das schwarze, welches am längsten stehen bleibt, bis es auch von einem grauen Scheine, der die ganze Erscheinung umgiebt, verschlungen wird. Man darf sich jedoch nicht vorstellen, daß hierbei ein farbiges Flammenbild auf das andre warte, bis es vollkommen verschwunden sei; sondern während das eine sich nach dem Mittelpunkte zusammen zieht, erscheinen schon an den Rändern die folgenden Farbenbilder, einander überragend, und ebenfalls mit abnehmenden Geschwindigkeiten sich nach dem Mittelpunkte concentrirend. — In einem Zimmer, das möglichst verdunkelt

Digitized by Google

worden, habe man im Laden eine runde Oeffnung, etwa drei Zoll im Durchmesser, die man nach Belieben auf und zudecken kann; durch selbige lasse man die Sonne auf ein weißes Papier scheinen und sehe in einiger Entfernung starr das erleuchtete Rund an; man schließe darauf die Oeffnung und blicke nach dem dunkelsten Orte des Zimmers; so wird man eine runde Erscheinung vor sich schweben sehen. Die Mitte des Kreises wird man hell, farblos, einigermaßen gelb sehen, der Rand aber wird sogleich purpurfarben erscheinen. Es dauert eine Zeit lang, bis diese Purpurfarbe von außen herein den ganzen Kreis zudeckt, und endlich den hellen Mittelpunkt völlig vertreibt. Kaum erscheint aber das ganze Rund purpurfarben, so fängt der Rand an blau zu werden, das Blau verdrängt nach und nach hereinwärts den Purpur; ist die Erscheinung vollkommen blau, so wird der Rand dunkel und unfärbig. Es währt lange, bis der unfärbige Rand völlig das Blau vertreibt und der ganze Raum unfarbig wird. Das Bild nimmt sodann nach und nach ab, und zwar dergestalt, daß es zugleich schwächer und kleiner wird.

Göthe erzählt anderseits, daß, wenn man auf gedachte Art den Lichteindruck in das Auge aufgenommen und nun in einem mäßig erleuchteten Zimmer auf einen hellgrünen Gegenstand sieht, abermals ein Phänomen vor uns schwebt; aber ein dunkeles, das sich nach und nach von Außen mit einem grünem Rande einfaßt, welcher eben so, wie vorher der purpurne Rand, sich über das ganze Rund hineinwärts verbreitet. Ist dieses geschehen, so sieht man nunmehr ein schmuziges Gelb, das, wie in dem vorigen Versuche das Blau, die Scheibe ausfüllt und zuletzt von einer Unfarbe verschlungen wird. — Vergl. Farbe, subjective.

Ablenkung der Magnetnadel, Abirrung der Magnetnadel, ist die durch das auf den Schiffen befindliche Eisen bewirkte Entfernung der Magnetnadel von dem magnetischen Meridian, welche namentlich in höheren Breiten bedeutend ist. Der erste, welcher den Einfluß der auf den Schiffen befindlichen Eisenmassen auf die Richtung der Magnetnadel bemerkte und davon sprach, war Wales, Astronom bei Cooks zweiter Reise. Später haben sich vorzüglich Flinders, Scoresby, Capt. Roß und Barlow mit dieser Erscheinung beschäftigt. Die Einwirkung des Eisenwerks auf den Schiffen ist so groß, daß sie in den englischen Häfen über 10 Gr., höher im Norden aber mehr als 40 Gr. Ablenkung bewirken kann. Wäre das Eisen von ganz gleicher Wirkung auf beide Pole der Magnetnadel, so könnte der Einfluß desselben auf die Nadel nicht so bedeutend sein, aber durch den Erdmagnetismus (s. d. Art.) wird alles Eisen in der nördlichen Hälfte der Erde nach unten nordpolarisch, nach oben südpolarisch, und dieser Einfluß wird je näher einem magnetischen Pole der Erde, desto größer. Barlow hat ein Mittel gefunden, die Abirrung der Magnetnadel im Schiffe zu corrigiren. Um die Einwirkung des Eisenwerkes im Schiffe aufzuheben, räth er nämlich in der Nähe der Magnetnadel eine Eisenplatte (Correctionsplatte) so anzubringen, daß durch diese eine gleichgroße Gegenwirkung auf die Nadel hervorge-

Digitized by Google

bracht wird. Von der Größe der Einwirkung der Eisenmasse im Schiffe auf die Magnetnadel überzeugt man sich, wenn man auf dem im Hafen liegenden, mit dem Steuer nach Norden gekehrten Schiffe nach einem Gegenstande visirt und den Richtungswinkel mit der Magnetnadel bestimmt, hierauf aber das Schiff um 90 Gr. nach der einen und um 90 Gr. nach der anderen Richtung wenden läßt; dann ändert die Nadel ihre Stellung und jener Richtungswinkel wird bei jeder Lage des Schiffes anders gefunden. Die Correctionsplatte wird nun so gestellt, daß die Wendungen des Schiffes keine Einwirkung auf die Nadel mehr zeigen. Kann nun auch durch die Correctionsplatte nicht alle Ablenkung der Magnetnadel vermieden werden, so wird sie doch sehr vermindert, und dadurch der Schifffahrt und den Wissenschaften, denen sie in die Hände arbeitet, ein wesentlicher Nutzen gebracht. Daß übrigens statt einer Eisenplatte zu der beabsichtigten Correctur auch Eisenstangen oder Ringe angewendet werden können, ist klar, besonders empfehlenswerth ist eine Eisenstange, deren Einfluß durch die Neigung größer oder kleiner gemacht werden kann (s. Erdmagnetismus).

Abschäumen auch Klären ist eine Absonderung fester Theile von flüssigen durch Aufkochen, wobei die ersten (durch Hitze zum Theil chemisch veränderten) Theile auf die Oberfläche geworfen, und mittelst eines durchlöcherten Schaumlöffels abgenommen werden.

Absolut (v. d. lat. absolvere, ablösen) bezeichnet im Allgemeinen soviel als: „für sich betrachtet"; entgegengesetzt wird relativ (v. d. lat. referre, beziehen) „in Bezug auf ein anderes betrachtet", auch specifisch (v. d. lat. species, Art) „in Bezug auf eigenthümliche Eigenschaft betrachtet". So spricht man von absoluter, relativer, specifischer Schwere, Kraft u. and. (s. die besond. Artikel).

Absorption, Verschluckung (v. d. lat. absorbere, verschlukken), ist Aufnehmung ausdehnsamer Flüssigkeiten von tropfbarflüssigen und festen Körpern. — Unter den Verschluckungen durch tropfbarflüssige Körper, sind die durch Wasser am wichtigsten und am meisten beobachtet. Es fragt sich zunächst, in welcher Menge die Gase vom Wasser verschluckt werden. Bei den Untersuchungen, die man in dieser Hinsicht gemacht hat, ist vorausgesetzt: daß nur eine bestimmte Menge Gas vom Wasser aufgenommen werden könne, daß nach Aufnahme dieser bestimmten Menge das Wasser gesättigt sei und nun jeden Ueberschuß an Gas unverschluckt lasse. Hiergegen streiten jedoch einige Erfahrungen. So meint De Marty: Wasser lasse sich weder mit Sauerstoffgas, noch mit Wasserstoffgas sättigen. Hat man nämlich Wasser in einer Flasche mit Glasstöpsel mit Sauerstoffgas durch Schütteln völlig gesättigt, so absorbirt es dennoch nach einigen Tagen wiederum Sauerstoff, wenn man es damit schüttelt; auf diese Weise nahm das Wasser in einer Flasche, die $1\frac{1}{2}$ Jahr gestanden hatte, beim Schütteln fast seinen halben Umfang auf. Auf gleiche Art verhielt es sich mit Wasserstoffgas; nach zwei Jahren war der Umfang des absorbirten Wasserstoffgases noch nicht ganz dem des Wassers gleich. Beim Stickgase fand De Marty diese Erscheinung nicht. Auch be-

Digitized by Google

hauptet Dalton, das Wasser könne durch Schütteln mit einem Gase übersättigt werden; wenn man z. B. ausgekochtes Wasser mit Luft zehn Tage lang ohne Schütteln zusammenstellt, bis keine Verschluckung mehr stattfindet, so erfolgt jetzt beim Schütteln neue Verschluckung, welche $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{12}$ der vorigen beträgt. — Die Art und Weise, wie indeß untersucht worden ist, in welcher Menge verschiedene Gase vom Wasser absorbirt werden, ist folgende. Zuerst muß man sich völlig reines, mit keinem Gase geschwängertes Wasser zu verschaffen suchen (s. Wasser, reines). Mit solchem reinen Wasser experimentirte Henry auf folgende Weise:

1. Bei reichlich absorbirbaren Gasarten: das gläserne Gefäß A, (Fig. 5.) 2 Zoll weit, $4\frac{1}{2}$ Zoll lang, ist in Viertel-Cubikzoll eingetheilt, oben mit einer Messingkappe nebst Hahn a versehen, unten auf eine kupferne Röhre C aufgekittet, welche in b einen Hahn hat, und von der unter einem rechten Winkel ein Schenkel ausgeht. Die ebenfalls unter einem rechten Winkel gebogene Glasröhre B ist $\frac{1}{4}$ Zoll weit, von einem gegebenen Punkte ab in Hundertel-Cubikzoll getheilt, oben offen, und durch eine Röhre von Federharz D, welche wegen ihrer Biegsamkeit das Schütteln des Gefäßes A zuläßt und noch mit Leder überzogen ist, mit der kupfernen Röhre vereinigt. Zuerst füllt man den ganzen Apparat mit Quecksilber, schraubt dann auf den oberen Hahn eine mit Wasser ganz gefüllte, mit einem Hahn versehenen Federharzflasche, öffnet diesen Hahn, den Hahn a und den Hahn b, bis durch letzteren eine hinlängliche Menge Quecksilber abgeflossen, und durch den Hahn a eben so viel Wasser hineingetreten ist. Auf dieselbe Art wird eine mit dem Gas gefüllte Federharzflasche mit dem oberen Hahn in Verbindung gesetzt, und durch Oeffnen des unteren Hahnes das Hineintreten des Gases bewirkt. Wasser und Gas werden gemessen; es wird der Stand des Quecksilbers in der Röhre B und im Gefäße A bestimmt; und dann das Gefäß A so lange geschüttelt (ohne von der warmen Hand berührt zu werden), als noch Absorption zu bemerken ist. Mit dieser ist Fallen des Quecksilbers in der Röhre B verbunden, und die Menge von Quecksilber, welche man in dieselbe, zum Theil schon während des Schüttelns nachgießen muß, um das vorige Niveau des Quecksilbers in der Röhre B und im Gefäße A wieder herzustellen, zeigt, dem Volumen nach, die Menge des absorbirten Gases an.

2. Bei sparsam absorbirbaren Gasarten zieht Henry das Glasgefäß E (Fig. 6.) vor, 57 Cubikzoll haltend, unten mit eingeschliffenem gläsernen Hahn b, oben mit einem messingenen mit Schrauben versehenen Hahnstück a. Man füllt das Gefäß mit ausgekochtem Wasser, schraubt auf a ein Ventil, öffnet den Hahn, und bringt das Gefäß längere Zeit unter den Recipienten einer Luftpumpe, um das Wasser möglichst von Luft zu befreien. Dann läßt man aus einer elastischen Flasche das zu untersuchende Gas oben hineinsteigen, indem man durch Oeffnen des unteren Hahnes eine genau zu messende Menge Wassers ausströmen läßt; dann schüttelt man tüchtig und öffnet den Hahn b wiederholt unter Quecksilber, so lange als von diesem noch etwas eintritt; bringt

Digitized by Google

man nun die innere und äußere Queckſilberfläche ins Niveau, ſo giebt das Volumen des in das Glas getretenen Queckſilbers das Volumen des abſorbirten Gaſes. Auch füllte Henry, um ſicher zu ſein, daß das ausgekochte Waſſer nicht wieder Luft aufgenommen habe, große Kugeln aus ſehr dünnem Glaſe mit einem langen graduirten Halſe mit kochendem Waſſer, und kehrte ſie ſogleich über Queckſilber um, welches beim Erkalten in den Hals ſtieg. Statt dieſes ließ er eine abgemeſſene Menge Gas hinein, deſſen Abſorption er durch das nachherige Wiederaufſteigen des Queckſilbers beſtimmte. — Die Temperatur des Gefäßes und ſeines Inhaltes wurde durch die des Zimmers geregelt, außer wenn der Verſuch bei einer Temperatur von mehr als 29°, 44 C. vorgenommen wurde. Der während der Dauer des Verſuches (bei den ſchwieriger abſorbirbaren Gasarten wurde 12 bis 24 Stunden lang in Abſätzen geſchüttelt) etwa veränderte Barometerſtand wurde berückſichtigt. Zeigte der unabſorbirt gebliebene Theil des Gaſes eine fremdartige Beimengung, ſo wurde das Reſultat des Verſuches hiernach corrigirt.

Bei allen Gasarten, von denen 1 Maß Waſſer mehr als $\frac{1}{7}$ Maß aufnimmt, verfuhr Sauſſüre auf folgende Weiſe: Er leitete ſie in eine mit Queckſilber gefüllte Röhre von 4 Centimeter innerem Durchmeſſer, ließ dann von Waſſer eine 5 bis 6 Centimeter hohe Säule hinzutreten, ſchüttelte und beſtimmte die Abſorption erſt nach einigen Tagen. — Minder verſchluckbare Gasarten füllte er in eine Flaſche M von 250 Cubik-Centimeter Inhalt, deren Gewicht im leeren und mit Waſſer gefüllten Zuſtande genau beſtimmt war, erhielt dieſe $\frac{1}{2}$ Stunde lang umgekehrt unter dem Waſſer der Wanne, um ihr deſſen Temperatur zu ertheilen, verſchloß ſie dann an der Oberfläche des Waſſers mit einem luftdichtpaſſenden gläſernen Stöpſel; hierauf ließ er aus dieſer Flaſche M ungefähr $\frac{1}{6}$ des Gaſes unter Queckſilber in einen mit Queckſilber gefüllten Recipienten ſteigen, welches $\frac{1}{6}$ er hierauf über der Waſſerwanne in eine mit Waſſer gefüllte Flaſche N leitete, deren Abwägung (im ganz mit Waſſer gefüllten Zuſtande) vor und (im zum Theil Gas haltenden Zuſtande) nach der Einfüllung des Gaſes den Umfang des letztern (im Waſſergewicht) zu erkennen gab. Hierauf leitete er über Queckſilber in die Flaſche M ſoviel ausgekochtes Waſſer, daß alles Queckſilber, welches die Stelle des herausgelaſſenen Gaſes vertreten hatte, wieder herausgetrieben war. Wurde nun die Flaſche M an der Oberfläche des Waſſers verſchloſſen und gewogen, ſo ergab ſich der Umfang des hineingetretenen Waſſers. Die Flaſche M in einer Zange gehalten, wurde $\frac{1}{4}$ Stunde lang heftig geſchüttelt, dann durch längeres Eintauchen in die Waſſerwanne auf die urſprüngliche Temperatur gebracht, dann in umgekehrter Lage (bei gleichem Niveau des Waſſers in der Flaſche und in der Wanne) geöffnet, und wieder verſchloſſen. Hierbei war ſoviel Waſſer in dieſelbe getreten, als Gas abſorbirt worden war, und der Unterſchied zwiſchen dem Gewichte der Flaſche M vor und nach dem Oeffnen unterm Waſſer gab den Umfang des abſorbirten Gaſes in Waſſergewicht zu erkennen.

Auf noch einfachere, aber auch minder genaue, Weiſe verfuhr Dalton.

Digitized by Google

Nach den angestellten Versuchen über die Verschluckbarkeit der Gase durch Wasser, ergiebt sich folgende Tabelle:

	1 Maß Wasser absorbirt Maße Gas nach				
	Dalton	Henry	Saussüre	Davy	
Fluorborongas	—	—	—	—	700 J. Davy.
Ammoniakgas	—	—	—	670	780 Thomson.
Salzsaures Gas	—	—	—	480	516 Thomson.
Fluorsibiciumgas	—	—	—	—	263 J. Davy.
Schweflichsaures Gas	20	—	43,78	30	33 Thomson.
Chlororydgas	—	—	—	—	üb. 7 Stadion.
Cyangas	—	—	—	—	4,5 Gay-Lüssac.
Chlorgas	2 ungef.	—	—	—	—
Hydroselensaures Gas	—	—	—	—	üb. 3 Berzelius.
Hydrothionsaures Gas	1	1,08	2,53	—	3 Gay-Lüssac u. Thénard.
Kohlensaures Gas	1	1,08	1,06	—	—
Stickorydulgas	1	0,86	0,76	0,54	—
Oelerzeugendes Gas	0,125	—	0,155	—	—
Phosphorwasserstoffgas	0,125	0,0214	—	0,025	0,018 Gengambre.
Orydirtes Kohlenwasserstoffgas	—	—	0,051	—	—
Kohlenwasserstoffgas	0,037	1,014	—	—	—
Sauerstoffgas	0,037 (bis 0,04)	0,037	0,065	—	—
Stickorydgas	0,037	0,050	—	0,10	—
Stickgas	0,0156 (0,025)	0,0153	0,042	—	—
Kohlenorydgas	0,0156	0,0201	0,062	0,02	—
Wasserstoffgas	0,0156 (0,02)	0,0161	0,046.	—	—

Henry stellte mit Sauerstoffgas, mit hydrothionsaurem und kohlensaurem Gas und mit Stickorydulgas 50 Versuche an, aus denen er folgendes (jedoch nur auf Gasarten, von denen 1 Maß Wasser etwa 1 Maß oder weniger absorbirt, anwendbares) von Dalton und Saussüre bestätigtes Gesetz auf: daß Wasser nimmt von einem Gase bei derselben Temperatur immer dasselbe Volumen auf, der äußere Druck sei, welcher er wolle. Da das Gas ein um so größeres Volumen einnimmt, je geringer der Druck ist, so folgt hieraus, daß wenn z. B. der Luftdruck um die Hälfte vermindert wird, zwar dem Volumen nach eben so viel, aber dem Gewichte nach nur halb so viel Gas absorbirt wird. Bei den Versuchen, aus denen Henry dieß Gesetz ableitete, bediente er sich seines oben angegebenen Apparates (Fig. 5.), doch nahm er eine sehr lange Röhre B, um durch Füllung derselben mit Quecksilber einen doppelten und dreifachen Atmosphärendruck auf das Gas ausüben zu können. Bei den weniger absorbirbaren Gasen bediente er sich statt des Gefäßes A eines größeren (des mit punktirten Linien gezeichneten), 50 Cubikzoll haltenden und bei c mit Hahn und Schraube versehenen Gefäßes. Nachdem zuerst das Gas auf die oben beschriebene Art hineingelassen, und durch Oeffnen des Hahnes b das Quecksilber in beiden Schenkeln ins Niveau gebracht worden war, goß er soviel Quecksilber in B nach, bis es hier 28 oder zweimal 28 Zoll höher stand, als in A (wodurch ein zwei- und dreifacher Atmosphärendruck ausgeübt wurde), schüttelte dann stark, während dessen er in B soviel Quecksilber nachgoß, als nöthig war, um dasselbe auf seinem Stande zu erhalten, und bestimmte dann

Digitized by Google

nach der Scale A, noch genauer aber aus dem Gewicht des nachgegossenen Queckſilbers die Größe der Abſorption. Will man daher Waſſer mit größtmöglicher Menge (dem Gewicht nach) eines Gaſes verbinden, ſo muß auch ein möglichſt ſtarker äußerer Druck angewendet werden. Doch läßt das auf dieſe Weiſe mit Gas geſchwängerte Waſſer bei Verminderung des Druckes einen Theil ſeines Gasgehaltes wieder fahren. So brauſte von Henry unter dreifachem Atmoſphärendrucke mit kohlenſauerm Gas geſättigtes Waſſer, als es blos dem gewöhnlichen Luftdrucke dargeboten wurde, lebhaft auf. Prieſtley brachte zu ausgekochtem Waſſer, welches ſich in der Torricelliſchen Leere befand, ein beliebiges Gas; neigte er nun die Barometerröhre, ſo daß ſie mehr horizontal war: ſo wurde das Gas abſorbirt; beim Aufrichten der Barometerröhre entwickelte es ſich zum Theil wieder. Hier erklärt ſich auch das Perlen der muſſirenden Weine und der Mineralwäſſer, wenn man die Flaſchen derſelben öffnet, denn vermöge des verminderten Druckes wird Gas frei. — Eine neue Frage entſteht, wenn ein Gemenge von verſchiedenen Gasarten mit reinem Waſſer zuſammengebracht wird, wie viel dann von jeder dieſer Gasarten vom Waſſer abſorbirt werden wird. In Bezug hierauf hat nun Dalton folgendes (doch nur für die Gaſe, von denen das Waſſer höchſtens ſeinen gleichen Umfang verſchluckt, gültiges) Geſetz aufgeſtellt: die Größe der Abſorption hängt ab von der Dichtigkeit der einzelnen Gaſe im unabſorbirt gebliebenen Gasrückſtande, und ſie iſt alſo dieſelbe, wie wenn das Waſſer mit jedem dieſer Gaſe für ſich in demſelben ausgedehnten Zuſtande zuſammenkäme. Angenommen z. B. ein Maß Waſſer abſorbire $\frac{1}{27}$ Maß Sauerſtoffgas und $\frac{1}{40}$ Maß Stickgas. Da nun ein Maß Luft $\frac{21}{100}$ Sauerſtoffgas und $\frac{79}{100}$ Stickgas enthält, ſo wird von dem in 1 Maß Luft ausgedehnten Sauerſtoffgas ſo viel (dem Volumen nach), als von 1 Maß reinem Sauerſtoffgas abſorbirt, alſo von 1 Maß Luft $\frac{1}{27} \cdot \frac{21}{100}$ Sauerſtoffgas; und weil in 1 Maß Luft $\frac{79}{100}$ Stickgas zu eben ſo großem Volumen ausgedehnt iſt, wie das Stickgas in 1 Maß reinem Stickgas, ſo wird durch das Waſſer von 1 Maß Luft $\frac{1}{40} \cdot \frac{79}{100}$ Stickgas abſorbirt; dieß ſind (in Decimalbrüche verwandelt) 0,00778 Maß Sauerſtoffgas und 0,01975 Maß Stickgas, zuſammen 0,02753 Maß Luft. Hierbei war aber vorausgeſetzt, daß keine beſtimmte Menge Luft auf das Waſſer wirke, ſondern die Menge der Luft unbegrenzt ſei, denn bei einer beſtimmten Menge Luft, würde ſich das Verhältniß des Sauerſtoffgaſes zum Stickgaſe bald geändert haben, und im Gasrückſtande würde es ganz anders geworden ſein, als es vor der Abſorption war. Bringt man ein Gas zuſammen mit einem ſchon mit Gaſe geſchwängerten Waſſer, ſo wird dieß Waſſer einen Theil des verſchluckten Gaſes fahren laſſen und von dem hinzugebrachten Gaſe einen Theil aufnehme, und das Daltonſche Geſetz vom Zuſammenhange der Größe der Abſorption mit dem Gasrückſtande gilt auch in dieſem Falle. Einige aus dem Vorhergehenden erklärbare Erſcheinungen ſind folgende:

Graham füllte eine unverletzte Thierblaſe gegen $\frac{2}{3}$ mit Steinkohlengas, ſchloß ſie mittelſt eines Hahnes und ließ ſie in eine mit Koh-

Digitized by Google

lensäuregas gefüllte, über Wasser aufgestellte Glasglocke steigen. Im Verlauf von 12 Stunden schwoll die vorher welke Blase bis zum Bersten auf, während aus dem Recipienten der größte Theil des Kohlensäuregases verschwunden war. Da das Experiment mit einer trockenen Blase nicht gelingt (die im Versuch erwähnte befand sich in einer feuchten Atmosphäre), so folgt, daß das Wasser, dadurch, daß es Kohlensäuregas absorbirte, und von dem absorbirten an das Steinkohlengas in der Blase abgab, vermittelnd wirkte, nach Art eines Ventils, indem es das äußere absorbirbare Gas zwar in die Blase hinein, aber das innere der Absorption widerstrebende Gas nicht heraus ließ.

Mineralwasser, welches kohlensaures Gas enthält, verliert an der Luft bald seine Kohlensäure, in einem ganz damit gefüllten und mit einer nachgiebigen Blase zugebundenen Gefäße dagegen entwickelt es, selbst bei schwacher Erwärmung kein Gas, bei stärkerer nur einen Theil.

Pictet erzählt, daß wenn man mit lufthaltigem Wasser künstliches Sauerwasser bereiten will, man das kohlensaure Gas mit demselben unter einem Drucke von 3 bis 4 Atmosphären zusammenbringt, wodurch dieses zum Theil verschluckt, die Luft hingegen, da das kohlensaure Gas beträchtlich vorwaltet, größtentheils ausgetrieben wird, daß man dann diese Luft durch einen Hahn, den man öffnet, nebst kohlensaurem Gas heraus läßt, und nun erst im Stande ist, das Wasser mit einer großen Menge von Kohlensäure anzuschwängern.

Aus Versuchen, welche Gay-Lussac und Humboldt angestellt haben, geht hervor, daß sich kein Gas durch Wasser vollkommen sperren läßt, indem das Wasser einen Theil desselben verschluckt und dagegen Luft fahren läßt. Besonders stark wird das Sauerstoffgas vom Wasser verschluckt, so daß sich die oben angeführte Erfahrung de Marty's bestätigt, nach welcher keine Sättigung des Wassers mit Sauerstoffgas statt findet. Die Schnelligkeit, mit welcher Sauerstoffgas von Wasser verschluckt wird, beweist auch folgender Versuch Carradori's. Wenn man einen Fisch unter mit Oel bedecktem Wasser läßt, bis er, nachdem das Wasser allen Sauerstoff verloren, keine Spur des Lebens mehr zeigt, sodann aber das Oel entfernt, und das Wasser der Luft in einer flachen Schale aussetzt, so wird der Fisch wieder lebendig, und kann, wird das Wasser wieder mit Oel bedeckt, noch $\frac{1}{2}$ Stunde in dem Wasser fortleben.

Wahrscheinlich bei jeder Absorption findet Temperaturerhöhung statt. Am auffallendsten ist dieselbe, wenn Wasser ein Gas in großer Menge verschluckt, wo die Temperatur des Wassers über 100° C. steigen kann. Bei sehr schwachen Absorptionen ist die Wärmeentwickelung indeß noch nicht beobachtet worden. Durch die Absorption der Gase geht das Wasser in einen ausgedehnteren Zustand über, welches natürlich wieder in den Fällen am stärksten bemerkt wird, in welchen das meiste Gas verschluckt wird.

Ueber die Art und Weise, wie man das Gas von Wasser wiederum trennen kann, siehe: Wasser, reines.

Auch über die Absorption der Gase durch andere Flüssigkeiten hat man Versuche angestellt, allein die Resultate dieser Untersuchungen sind noch so unbestimmt, daß sie unerwähnt bleiben können.

Digitized by Google

Das wichtigste möchte die Erfahrung sein, welche Saussüre gemacht hat, daß nämlich das Henrysche Gesetz, nach welchem eine Flüssigkeit von einem Gase immer dieselbe Zahl von Maßen verschluckt, auch bei andern Flüssigkeiten, nicht allein beim Wasser seine Richtigkeit habe.

Ob die durch Absorption entstandenen Verbindungen chemisch oder mechanisch seien, läßt sich noch nicht mit Gewißheit entscheiden. Bis auf Dalton hielt man sie allgemein für chemisch, dieser jedoch behauptet, daß wenigstens die meisten dieser Verbindungen mechanisch seien. Für die Daltonsche Ansicht spricht am meisten der Umstand, daß sich die absorbirten Gase bei Verminderung des äußeren Druckes wieder aus dem Wasser entbinden.

Was die Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch feste Körper betrifft, so giebt es eine Menge rein chemischer Verbindungen, welche hier erwähnt werden könnten. In der Physik sind jedoch nur solche Verbindungen näher zu betrachten, welche als durch mechanische Kraft bewirkt betrachtet werden können. Wie unter den Flüssigkeiten das Wasser, so ist unter den festen Körpern die Kohle derjenige, welcher am geneigtesten zur Absorption von Gasarten und am meisten beobachtet worden ist. Die Kohle hat in Rücksicht auf Absorption manche Eigenschaften gemein mit dem Wasser. So nimmt auch die Kohle das Sauerstoffgas fortwährend auf, wie Versuche von Morozzo und Saussure beweisen. Ganz analog dem oben S. 10. angeführten Versuche Priestley's mit Wasser, ist der mit Kohle, welchen Fontana anführt, daß nämlich, wenn man in eine 35″ lange mit Luft gefüllte und durch Queckſilber gesperrte Röhre Kohle steigen läßt, und die Röhre der wagerechten Lage nahe bringt, alle Luft verschluckt wird, die sich aber zum Theil wieder entwickelt, sobald man der Röhre eine senkrechte Stellung giebt. — Bei vermindertem äußeren Druck läßt die Kohle (ebenfalls wie das Wasser) einen Theil des absorbirten Gases fahren. Saussure brachte Kohle, die beim gewöhnlichen Luftdrucke mit einem Gase gesättigt war, in die Torricelliſche Leere, wo sich ein Theil des Gases aus der Kohle entwickelte und das Queckſilber herunterdrückte. Aus mannigfachen Versuchen Saussure's zeigte sich, daß zwar die Kohle vom ausgedehnten Gase immer ein geringeres Gewicht, aber doch ein größeres Volumen verschluckt, als vom verdichteten, daß also das (oben angeführte, in Bezug auf Absorption durch Wasser gültige) Henrysche Gesetz bei der Kohle keine Anwendung finde. Auch das (S. 10.) angeführte, für die Absorption gemengter Gasarten durch Wasser gültige Daltonsche Gesetz scheint auf die Kohle keine Anwendung zu finden; denn Saussure hat durch Versuche dargethan, daß die Gegenwart eines Gases in der Kohle oft die Absorption eines anderen Gases befördert. Um Untersuchungen anzustellen, in welcher Menge die Kohle die verschiedenen Gasarten absorbire, muß man die Kohle zunächst von allem schon in ihr im gewöhnlichen Zustande enthaltenen Gase zu reinigen suchen, welches durch glühen oder auspumpen geschieht (s. Art Kohle). Noch muß bei diesen Untersuchungen berücksichtigt werden, daß 1. durchaus nicht eine Kohle sich eben so geneigt zur Absorption zeigt, wie die andere.

Digitized by Google

Sauſſure hat verſchiedene Kohlenarten in Hinſicht ihres Vermögens zu abſorbiren mit einander verglichen, und folgende Reſultate gefunden, nach denen das abſorbirende Vermögen mit dem ſpecifiſchen Gewichte der Kohlen, alſo mit der Feinheit ihrer Zellen bis zu einem gewiſſen Punkte zunimmt.

Es abſorbirt 1 Maß	von ſpecif. Gewicht	Maße Luft
Kohle von Kork	0,1	faſt 0
= der Tanne	0,4	4,5
= des Buchsbaumes	0,6	7,5
Steinkohle vom Rufiberge	1,326	10,5

Auch auf die Form der Kohle kommt es an, Sauſſure hat gezeigt, daß die Kohle durch Pulvern an abſorbirendem Vermögen verliere. Es muß 2. berückſichtigt werden, daß Kohle in feuchtem Zuſtande in der Regel weniger geneigt zur Abſorption ſei als im ganz trockenem Zuſtande, alſo auch von feuchten Gasarten weniger als von trockenen, und über Waſſer weniger als über Queckſilber abſorbire. Auch dies hat Sauſſure durch Verſuche dargethan. Endlich iſt 3. zu überlegen, daß die Kohle um ſo mehr abſorbirt, je niedriger die Temperatur iſt; die Wärme der Kohle ſelbſt entwickelt die abſorbirten Gaſe wieder. — Die beſten Methoden, welche um das Abſorptionsvermögen der Kohle genauer kennen zu lernen angewandt worden, ſind folgende:

A. Sauſſure bringt die Kohle in einen Recipienten; der mittelſt Talgs auf dem Teller der Luftpumpe ſchließt, pumpt aus, bringt dann den Recipienten nebſt den Teller, deſſen Hahn verſchloßen iſt, unter Queckſilber, öffnet den Hahn und bringt dann die Kohlen in das mit einem Gaſe gefüllte, über Queckſilber befindliche Gefäß. Auch kann man nach ihm die Glocke mit der Kohle in eine mit Queckſilber gefüllte Schale ſetzen, dieſe unter der größern Glocke der Luftpumpe exantliren, dann öfnen, wo ſich die kleine Glocke mit dem Queckſilber der Schale füllt, und mit dieſer unter das Queckſilber der pneumatiſchen Wanne gebracht werden kann; allein hier iſt die Entlerung minder vollſtändig, weil der Druck des Queckſilbers dem Auspumpen entgegen wirkt.

B. Andere (wie Fontana, Vogel, auch Sauſſure) bringen die gut ausgeglühte Kohle noch glühend ſchnell unter Queckſilber, und laſſen ſie von hier aus in die mit dem Gaſe gefüllte Röhre aufſteigen. Hier bringt während des Abkühlens etwas Queckſilber in die Poren der Kohle, wodurch allerdings ihre abſorbirende Kraft etwas vermindert werden kann; doch beträgt dieſes Queckſilber nach Sauſſure ſo wenig, daß die Kohle ſpecifiſch leichter bleibt, als Waſſer.

C. Ein Apparat von Morozzo Fig. 7. beſtand aus einer Glasröhre AB, 3,5 Linien weit 18 Zoll hoch, unten offen und mit Waſſer oder Queckſilber ſperrbar, daß ſich im Napf JJ befindet, oben an einen ſtählernen Hahn CD gekittet, den man mittelſt des Schlüßels C öffnen und ſchließen kann. An den Hahn CD iſt ein größrer, E gelöthet, von 1,5Z Durchmeſſer und faßt 3″Länge mittelſt der Kurbel FF wird der Schlüßel des Hahns umgedreht.

Digitized by Google

Dieser Schlüssel hat ein Loch G, 1 Z. 3 L. tief, und 6 L. weit, welches zur Aufnahme der Kohle dient. Der Hahn E ist in eine Fassung von Holz eingeschlossen, und bleibt mittelst der Schraubenmutter H, die hinter der Fassung auf das Ende des Hahns E geschroben wird, befestigt. Die Fassung MMM hält das Instrument lothrecht; NN sind Untersätze um die Schale JJ höher heben zu können; OO ist eine Skale auf Holz, in Zolle und Linien getheilt, durch die Schraube ohne Ende P beweglich gemacht, so daß sie auf das Niveau des Queckſilbers in der Schale gestellt werden kann. Beim Gebrauche füllt man die Röhre AB beim geschlossenen Hahne CD mit Wasser oder besser mit Queckſilber, dann mit dem zu untersuchenden Gase ganz voll, bringt sie dann in die Schale JJ zieht mittelst einer Sprütze soviel Gas aus der Röhre, daß das Niveau in und außer der Röhre gleich ist. Dann macht man eine 36 Gr. schwere Kohle glühend, bringt sie dann in die Höhlung G des Schlüssels vom Hahn E, dreht diesen um, öffnet dann den Hahn CD und beobachtet, wie hoch das Queckſilber in der Röhre steigt. Da ein Theil des zuerst eintretenden Gases blos dazu dient, den leren Raum auszufüllen, der in der Höhlung G durch die heiße Kohle entstanden ist, so suchte Morozzo die Menge dieses Gases zu bestimmen, indem er in die Höhlung G einen glühenden Bimsstein von gleichem Umfange mit der Kohle brachte, und dann den Hahn CD öffnete, wobei das Queckſilber um 1 Zoll stieg. Dieser 1 Zoll mußte also stets von der totalen Absorption abgezogen werden.

Durch Versuche nach den unter A und B beschriebenen Methoden fand nun Sauſſure folgendes. Ein Maß ganze Buchsbaumkohle verschluckte bei 11 bis 13 Gr. C. und bei 0,724 Meter Luftdruck.

	bei Methode B		bei Methode A	
Amoniakgas	90	Maß		
Salzsaures Gas	85	=		
Schwefligsaures Gas	65	=		
Hydronthionsaures Gas	55	=		
Stickoxydulgas	40	=		
Kohlensaures Gas	35	=	31,5	Maß
Oelerzeugendes Gas	35	=		
Kohlenoxydgas	9,42	=		
Sauerstoffgas	9,25	=	8,33	=
Stickgas	7,5	=	7,0	
Oxydirtes Kohlenwasserstoffgas aus feuchter Kohle	5	=		
Wasserstoffgas	1,75	=		

Atmosphärische Luft absorbirt nach Fontana 1 Maß Holzkohle 6 Maß, nach Lametherie 6 bis 10 Maß. Bei der Einwirkung der Kohle auf Luft wird stets verhältnißmäßig mehr Sauerstoffgas als Stickgas verschluckt. Wenn man Kohle mit 2 Gasarten sättigt, welche nur unter gewissen Umständen Verbindungen einzugehen pflegen, so scheinen diese doch in der Kohle nicht vor sich zu gehen. So z. B. erzeugt sich kein Wasser, wenn die Kohle Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zugleich aufnimmt. — Auch bei der Absorption der Gasarten durch Kohle (wie bei der durch Wasser) entsteht eine bemerkliche Wärme. Eine büchene Kohle, 8 Centimeter hoch, 4 Centimeter dick, erhitzt, während

Digitized by Google

sie ein Gas absorbirt, ein in einer Höhlung derselben angebrachtes Thermometer (nach Saussure) um mehrere Grade. Die stärkste Erhitzung findet Statt bei der Absorption des Ammoniakgases, eine schwächere, doch noch 14 Gr. C. betragende, beim kohlensauren Gase, eine noch schwächere beim Sauerstoffgas, und beim Wasserstoffgas endlich ist sie nicht mehr bemerklich. Dieß ist zugleich die Ordnung, in welcher jene Gase an Menge verschluckt werden, (vergl. die obige Tabelle nach Saussure), woraus hervorgeht, daß (wie beim Wasser) eine um so größere Wärmeentwicklung statt findet, je größer die Absorption ist.

Ueber die Trennung der absorbirten Gase von der Kohle s. d. Art. Kohle.

Mit großer Begierde absorbirt die Kohle Wasserdämpfe, daher frisch geglühte, der freien Luft ausgesetzte Kohle stärker an Gewicht zunimmt, als geschieht, wenn man dieselbe Kohle in eine größere Menge Luft einschließt, als sie zu absorbiren vermag. Die Gewichtszunahme der Kohle in freier Luft beträgt nach Allen und Pepys:

bei	der	Kohle	von	Guajakholz	9,6	Procent
=	=	=	=	Tannholz	13,0	=
=	=	=	=	Buxbaum	14,0	=
=	=	=	=	Buchenholz	16,3	=
=	=	=	=	Eichenholz	16,5	=
=	=	=	=	Mahagoniholz	18,0	=

Diese Gewichtszunahme erfolgt meist in den ersten 2 Stunden und erreicht ihre höchste Größe in 24 Stunden. Wenn man eine solche der Luft ausgesetzt gewesene Kohle erhitzt, so geht zuerst wirkliches Wasser über, bei zunehmender Hitze aber entwickelt sich eine große Menge Gas, welches von der Zersetzung des übrigen Wassers durch die Kohle herrührt. — Auch andere Dämpfe werden von der Kohle absorbirt. So entfernten nach Döbereiner, 8 Pfund in einem Siebe befindliche Kohlen über Nacht allen Tabakgeruch aus einem mit Tabakdampf angefüllten Zimmer. Wenn man Tabakdampf aus einer Pfeife in eine mit Kohlen gefüllte Büchse gehen läßt, so erhält man zuerst wenig Rauch, welcher geruch- und geschmacklos ist, und erst bei der zweiten und dritten Pfeife nimmt der Rauch wieder den Geruch und Geschmack des Tabaks an, nachdem die Kohle gesättigt und übelriechend und feucht geworden ist. Feuchte Kohle verschluckt nach einem Versuche von Döbereiner die übelriechenden Dämpfe schneller als trockene. Auch mit dem Rauche von Asa foetida, von Berliner Räucherpulver, Blausäuredampf, u. a. sind Versuche angestellt worden.

Viele steinige und organische Substanzen nehmen, wie Saussure dargethan hat, etwas Gas auf, aber weit weniger als die Kohle *). Das Absorptionsvermögen derselben wird durch wenig Wasser

*) Da bei Versuchen der Art alles darauf ankommt, die Körper in möglichst trockenem Zustande zu haben, so führen wir einen hierzu dienlichen Apparat von Berzelius an. Dieser besteht aus zwei ungleich großen Kupferkesseln, von welchen der kleinere in dem größeren hängt, indem sie oben vereinigt sind durch eine Kupferplatte, welche den zwischen beiden befindlichen Raum

Digitized by Google

häufig vermehrt, durch viel Wasser dagegen vermindert. So verschluckt geglühter Meerschaum weniger kohlensaures Gas, als nach dem Glühen mit sehr wenig Wasser befeuchteter; befeuchtet man den geglühten Meerschaum mit einer größeren Menge von Wasser, so absorbirt er wieder weniger als im trockenen Zustande. — Daß auch das Queckſilber die Gase absorbire, und daher zur Absperrung derselben auf längere Zeit so wenig wie Wasser zuverläßig sei, geht daraus hervor, daß Faraday reines Wasserstoffgas, welches er in einer mit einem Glaspropf versehenen Flasche, deren Hals in Queckſilber gesenkt war, aufbewahrte, nach 15 Monaten völlig durch atmosphärische Luft ersetzt fand. So ist es auch nöthig ein Barometer von Zeit zu Zeit von neuem auszukochen, weil das Queckſilber beständig Luft absorbirt. Alle Körper scheinen Wasserdampf aus der Luft zu ziehen, man nennt diejenigen, welche vorzüglich viel Wasser aus der Luft anziehen hygro-

---

abschließt. In Fig. 8 ist ABCD der äußere, und EFGH der innere Kessel. Der erste enthält 75, und der letztere etwa 20 (schwedische) Kubikzoll. In dem Raum zwischen beiden Kesseln wird Wasser zum Kochen gebracht, welches man durch die Oeffnung bei A eingießt, und, nach beendigter Operation, durch die Oeffnung bei C abzapft. Die letztere wird durch einen Hahn verschlossen, die erste mittelst eines Pfropfen, durch welchen ein gebogenes Glasrohr zur Fortleitung, oder, wenn man will, zur Verdichtung der Wasserdämpfe gesteckt ist.

Der innere Kessel wird mit einem passenden Deckel bedeckt, welcher oben den über die Ebene der kreisrunden Bodenplatte sich erhebenden Rand EF des Kessels umfaßt. In dem Deckel ist ein Loch K. Durch die Wand des äußeren Kessels geht oben bei B ein Kupferrohr, welches sich mitten in dem Raume zwischen beiden Kesseln so biegt, wie es durch BIH in der Figur dargestellt ist, und sich dann in dem Boden des inneren Kessels, an der entgegengesetzte Seite, bei H öffnet.

Will man sich des Apparats bedienen, so setzt man ihn auf den Arm einer Weingeistlampe mit doppeltem Luftzug, legt den zu trocknenden Stoff in den inneren Kessel, und leitet, sobald das Wasser kocht, durch das Rohr BIH einen Strom von trockner Luft, welche also mit einer Temperatur von 100° C. in den kleinen Kessel eintritt. Die Einführung der Luft geschieht mittelst eines gewöhnlichen doppelten Blasebalgs, wie er unter einem Glasbläsertisch, der in keinem wohl eingerichteten Laboratorium fehlen darf, angebracht ist; ehe die Luft in das Rohr BIH eintritt, muß sie durch ein mit Chlorcalcium-Stücken gefülltes Gefäß geleitet werden. Eine kleinere Röhre mit Chlorcalcium eignet sich nicht dazu, weil der Wassergehalt des Luftstroms bald eine geringe Menge dieses Salzes auflösen würde, und man für diese Auflösung einen besonderen Sammelplatz anschaffen müßte, damit nicht der Durchgang verstopft oder der Zwischenraum zwischen dem noch ungelösten gefüllt werde. Da man diese strengen Trocknungen gewöhnlich vornimmt, um das Getrocknete genau wägen zu können, so muß dieses, ehe man es in den Apparat bringt, in einen genau gewogenen Tiegel gelegt werden. Ich pflege gewöhnlich den Tiegel zu legen, und dessen Deckel über die Oeffnung bei H zu stellen, schief geneigt gegen die Oeffnung des Tiegels, so daß der Luftstrom in den Tiegel streicht. Dieser Luftstrom braucht weder stark zu seyn, noch darf es seyn. Sobald man vermuthet, daß die Trocknung vollendet sey, so nimmt man den Deckel K ab, bedeckt, noch in dem Kessel, den Tiegel mit seinem Deckel, und bringt ihn sogleich, unter einer Glasglocke, über concentrirte Schwefelsäure zum Erkalten. Das Austrocknungsverfahren wird so oft wiederholt, als man findet, daß das Getrocknete noch etwas an Gewicht verliert.

Digitized by Google

skopische; sie lassen sich am besten zu Hygroskopen oder Hygrometern anwenden (s. d. Art.) Auf dieser Anziehung von Wasserdämpfen beruht auch die heilsame Wirkung von warmer Kleie oder Bohnenmehl bei wässrigen Geschwülsten. Auch andere als Wasserdämpfe werden von den starren Körpern angezogen, wie schon daraus hervorgeht, daß dieselben den Geruch des Dampfes, in dem sie sich eine Zeit lang befinden, annehmen.

Außer von der erwähnten Absorption der Gase, spricht man auch von Absorption des Lichtes und der Wärme, darüber s. d. Art. Licht und Wärme.

Abstoßung, Repulsion (v. d. lat. repulsio, Abstoßung). Um die Verschiedenheit des Aggregationszustandes zu erklären, nimmt man denselben bedingende Kräfte an. Wenn jeder Körper aus einer Menge von Atomen besteht, so müssen diese, um einen Körper bilden zu können, ein Bestreben an einander zu haften haben, sie müssen sich anziehen. Darum nimmt man bei allen Körpern Anziehung an und nennt die wirkende Kraft: Anziehungskraft. Hätten die Körper aber nur Anziehungskraft, so müßten sie durchaus dicht sein. Da dieß nun nicht der Fall ist, so muß man eine der Anziehung entgegenwirkende Eigenschaft der Körper annehmen: die Abstoßung. Aus dem verschiedenen Verhältniß der Anziehungskraft zur Abstoßungskraft erklärt man nun die verschiedene Dichtigkeit der Körper. Da die Veränderung des Aggregationszustandes vorzüglich durch Wärme bewirkt wird, so glaubt Biot, daß die die Abstoßung bedingende Ursache im Wärmeprinzip liege. Namentlich war es Immanuel Kant, welcher die Behauptung aufstellte: das Bestehen der Materie sei durch zwei Kräfte nothwendig bedingt: Ziehkraft (Anziehung) und Dehnkraft (Abstoßung). Uebrigens giebt es viele Erscheinungen, bei denen augenfällig Abstoßung stattfindet, die sich aber meist erklären lassen, ohne eine allgemeine Abstoßungskraft anzunehmen. Solche Erscheinungen sind das Verhalten der gleichnamigen Pole der Magnete, das Verhalten gleichnamig elektrisirter Körper, die Ausscheidung verschiedener Stoffe durch chemische Prozesse u. a. (S. d. Art.)

Abweichung, astronomische, Deklination der Gestirne (v. d. lat. declinatio, Abweichung). In Fig. 9. sei AQ der Aequator, P und p seine Pole, S sei ein Stern, so heißt der durch die beiden Pole und den Stern gehende größte Kreis PSp der Abweichungskreis oder Deklinationskreis. Der Bogen SD dieses Kreises, welcher den Abstand des Sternes vom Aequator mißt, heißt die Abweichung oder Deklination des Sternes S. Da der Kreis PSp senkrecht auf dem Aequator AQ stehet, so ist folglich: die Abweichung eines Sternes der Abstand desselben vom Aequator, gemessen auf einem größten Kreise, der senkrecht gegen den Aequator steht. Die Abweichung eines Sternes wird nördlich genannt, wenn der Stern zwischen dem Aequator und dem Nordpol ist, südlich, wenn der Stern zwischen dem Aequator und dem Südpole liegt. — Da der

Digitized by Google

Mittagskreis durch die Pole des Aequators geht, so fällt eines Sternes Abweichungskreis in dem Augenblicke, da der Stern durch den Mittagskreis geht, mit diesem zusammen. Die Abweichung eines Sternes ist also auch dem Unterschiede der Aequatorshöhe und der Mittagshöhe des Sternes gleich, und nördlich oder südlich, je nachdem die letztere größer oder kleiner ist, als die erstere. In unsern Ländern ist die Abweichung der Sonne im Herbst und Winter südlich, im Frühling und Sommer dagegen nördlich; zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche ist sie = 0 (d. h. es findet gar keine Statt), dagegen in den Tagen der Sonnenwenden am größten, nämlich der Schiefe der Ekliptik gleich. — Vergl. Aufsteigung, gerade.

Abweichung der Magnetnadel oder Deklination der Magnetnadel (v. d. lat. declinatio, Abweichung). In den wenigsten Punkten der Erde nimmt die freischwebende Magnetnadel ganz die Richtung des wahren Meridians an, oder (was dasselbe) zeigt genau nach dem Nordpole, sondern in einigen wendet sie sich mehr nach Osten, in anderen mehr nach Westen; dieses ist die Deklination oder Abweichung der Magnetnadel. Man mißt dieselbe auf folgende Weise. In Fig. 10. sei HO der Horizont, ME die Linie, in welcher der wahre Meridian den Horizont schneidet und CA die Linie, in deren Richtung die in C aufgestellte Magnetnadel sich stellt, so ist das Maß des Winkels ACE, also der Bogen AE das Maß der Abweichung der Magnetnadel in C. Eine Ebene, welche in der Richtung einer Magnetnadel senkrecht auf dem Horizont steht, heißt ein magnetischer Meridian. Daher wird die Größe der Abweichung der Magnetnadel bestimmt durch den Bogen des Horizontes zwischen dem wahren und dem magnetischen Meridiane. Weicht das Nordende der Magnetnadel nach Osten ab, so sagt man: die Magnetnadel habe östliche Abweichung, weicht es nach Westen ab: westliche. Wenn die Abweichung der Magnetnadel an einem Orte bekannt ist, so läßt sich aus dem magnetischen Meridian, wie ihn die freischwebende Nadel angiebt, die astronomische Meridianlinie leicht bestimmen, und man bedient sich derselben daher zur Orientirung von Gebäuden, tragbaren Sonnenuhren u. s. w. Man bestimmt die Abweichung der Magnetnadel aufs genaueste mittelst eines Instrumentes, welches magnetisches Deklinatorium, Declinations-Bousſole oder Nadel genannt wird. Eines der sinnreichsten ist das von Cassini, verbessert von Gambey, welches Biot so beschreibt: Diese Bousſole (Fig. 11.) besteht im Wesentlichen aus einer langen Magnetnadel von rechteckiger Form, welche horizontal an einer Verbindung roher Seidenfäden ohne merkliche Drehung aufgehangen und mit einem eingetheilten horizontalen Kreise EOV umgeben ist, welcher die Weiten ihrer Bewegungen zu messen dient. Der Befestigungspunkt der Aufhängung ist in C an einer Querleiste von Kupfer, welche von zwei Säulen von demselben Metall getragen wird; und diese Säulen sind an ihrer Grundfläche in eine und dieselbe, gleichfalls kupferne, Platte eingefügt, die auf einem, in der Mitte des Kreises angebrachten, Stifte ruht, so daß das ganze System

Digitized by Google

sich um diese Mitte, wie eine gewöhnliche Alhidade, drehen kann. Ein kupferner Arm B, der an einer der Säulen befestigt ist, führt auf dem eingetheilten Kreise EO einen Vernier V hin, der diese Bewegung zu messen dient. Um endlich die Aufhängung mit der Nadel vor störenden Bewegungen der Luft sicher zu stellen, umgiebt man sie vollständig mit einem hölzernen oder kupfernen Gehäuse mit einer Glasdecke, die auch von den nämlichen metallnen Stücken getragen wird. Ist man auf diese Weise der vollkommenen Beweglichkeit der Nadel versichert, so braucht man nur noch den Punkt des Horizonts zu bestimmen, nach welchem sie sich richtet. Zu diesem Zweck legt man quer über die Gipfel der beiden Säulen eine Axe AA′, welche ein Fernrohr LL trägt, das sich solchergestalt in einer verticalen Ebene bewegen kann, wenn die Axe AA′ eine horizontale Richtung hat. Um ihr diese Richtung zu geben, macht man zuvörderst den eingetheilten Kreis EOV selbst horizontal, indem man seine Stellschrauben vvv herauf- oder herabschraubt, bis Nivellirwagen, welche man auf seine Oberfläche setzt, zu erkennen geben, daß er horizontal sei; darauf hängt man eine dergleichen Nivellirwage mittelst zweier Haken an die Axe AA′ auf; und wenn sie sich noch nicht horizontal zeigt, regulirt man sie noch vollends mittelst eines kleinen Apparats aus beweglichen Stücken, der an die Säulen befestigt ist, und in den Stand setzt, ein Ende A der Axe sowohl vertical als horizontal zu bewegen. Nun muß man wissen, daß das Fernrohr LL in seinen Innern zwei ganz feine kreuzweise Fäden (das Fadenkreuz) trägt, welche im Brennpunkt des, dem Auge zunächst befindlichen, Glases befindlich sind, und deren Kreuzungspunkt dient, genau die Richtung der Gesichtslinie zu fixiren, nach welcher man hinsieht. Der Künstler nun hat diese Fäden mit Hülfe von Operationen, welche man das Umwenden nennt, so angebracht, daß der Gesichtsstrahl, welcher durch ihren Kreuzungspunkt geht, senkrecht auf die Axe AA′ ist und genau durch die Mitte derselben geht. Das Fernrohr LL hat ferner nicht ein einfaches sphärisches Glas zum Objectivglase, sondern zwei solche über einander liegende Gläser, die sowohl ihrer Krümmung als Dimension nach sehr ungleich sind; und deren eines, welches die ganze Weite des Fernrohrs einnimmt, so beschaffen ist, daß es ein klares Bild der entfernten Gegenstände auf die Fäden fallen läßt, während das andere kleinere der Art ist, daß es in Verbindung mit dem großen Glase, auf die nämlichen Fäden das Bild naher Gegenstände bringt. Der Gesichtsstrahl, der durch den Kreuzungspunkt der Fäden geht, wird übrigens durch beide Gläser auf dieselbe Weise gerichtet. Demzufolge, wenn man blos nahe Gegenstände mittelst des Fernrohrs beobachten will, braucht man nur den ganzen Theil des großen Glases, welcher unnütz wird, zu bedecken, indem man an das Ende des Fernrohrs einen undurchsichtigen (siehe Fig. 12.) in seiner Mitte aufgeschnittenen, Deckel anbringt; dagegen, um entfernte Gegenstände zu erblicken, hat man einen andern Deckel an die Stelle zu setzen, der in der Mitte undurchsichtig und an den Rändern aufgeschnitten ist (Fig. 13.), so daß er das kleine centrale Glas ganz verdeckt. Dieß wohl verstanden, wird man, um mittelst dieses Apparats die Richtung der Magnetnadel

Digitized by Google

zu beobachten, erst das Gehäuse derselben so drehen, daß sie sich frei darin befindet (nicht an den Wänden des Gehäuses anstößt, wofern es zu weit aus der Richtung des magnetischen Meridians entfernt wäre). Ist nun die Nadel zur Ruhe gekommen, so richte man das Fernrohr, nachdem man es zum Sehen naher Gegenstände eingerichtet (mit dem Deckel Fig. 12. versehen) hat, successiv auf die beiden Enden der Nadel, wo sich feine Kreuzfäden befinden, welche den Visirpunkt geben. Fast nie wird es sich treffen, daß man den Kreuzungspunkt dieser Fäden gleich Anfangs im Kreuzungspunkte der Fäden des Fernrohrs erblickt. Da man jedoch die Axe dieses letztern horizontal, mittelst der zum Stellen derselben dienenden Stücke verrücken, und eben so sie drehen kann, indem man den an die Säulen befestigten Arm B in Gang setzt, so ist es immer möglich, das Bild des Visirpunkts an der Nadel zum Zusammenfallen mit den Kreuzungspunkte der Fäden des Fernrohrs zu bringen; ja dieses Zusammenfallen wird selbst gleichermaßen Statt haben müssen, mag man nach dem einem oder dem andern Ende der Nadel hinsehen. Ist diese Bedingung erfüllt, so wird sich die optische Axe des Fernrohrs, d. i. der Gesichtsstrahl, der durch den Kreuzungspunkt der Fäden hindurchgeht, offenbar in der nämlichen Verticalebene mit der Linie befinden, welche durch die beiden, an den Enden der Nadel befindlichen, Kreuzungspunkte gezogen wird. Diese Ebene wird mithin der magnetische Meridian sein, wofern nämlich die in Rede stehende Linie wirklich die magnetische Axe der Nadel selbst ist. Nehmen wir vor der Hand an, daß dem so sei, so brauchen wir nur vom Fernrohr den Deckel hinwegzunehmen, der zum Nahesehen gedient hatte, und statt dessen den andern einzusetzen, der das kleine Glas verdeckt, darauf das, solchergestalt dem Fernsehen angepaßte, Fernrohr nach Gegenständen hinzurichten, welche nahe am Horizonte liegen und irgend einen recht deutlichen Punkt aufzusuchen, der genau unter dem Kreuzungspunkte der innern Fäden erscheint. Dieser Punkt wird im magnetischen Meridian liegen; und man wird mithin die Declination der Nadel erfahren können, indem man mit Muße den Winkel mißt, den er mit dem geographischen Meridian des Ortes macht, was eine der Astronomie angehörige Operation ist. Nun aber kann man nie sicher sein, daß die, durch die beiden Visirpunkte der Nadel gezogene, Linie ihr magnetischer Meridian ist; weil die Visirpunkte nicht genau in den Endpunkten der magnetischen Axe zu liegen brauchen. Man nimmt also die (unt. magnetische Axe) beschriebene Berichtigung durch Umwendung vor. Sie ist in diesem Fall sehr leicht. Denn der Nadel dient ein hohler Ring als Hülse, in welchem ein kupferner Cylinder, der die Nadel umgiebt, genau eingepaßt wird. Um also die Nadel umzuwenden, braucht man nur den Cylinder umzudrehen, wodurch sie zugleich mit umgekehrt wird, worauf man ihre Richtung von neuem beobachtet. Giebt sie den nämlichen Punkt als zuvor am Horizont an, so hat man weiter nichts vorzunehmen. Ist aber die zweite Richtung verschieden von der ersten, wie dieß fast immer der Fall sein wird, so muß man beide Richtungen in Bezug zum geographischen Meridian aufnehmen, und das Mittel aus den so beobachteten Winkeln ziehen. Dieß wird die wahre Declination

Digitized by Google

angeben. — Seit Halley (1698) haben sich ausgezeichnete Naturforscher mit Untersuchungen über die Abweichung der Magnetnadel beschäftigt, (in neuester Zeit besonders Hansteen, Humboldt, Erman u. A.), welche namentlich für die Seefahrer von größter Wichtigkeit ist. Die Abweichung der Magnetnadel ist keinesweges überall dieselbe, sondern, während sie in vielen Punkten der Erde gar nicht zu bemerken ist (= 0 ist), ist sie in anderen östlich, in noch anderen westlich. Man hat auf Karten diejenigen Punkte, welche gleiche Abweichung der Magnetnadel haben, durch Linien mit einander verbunden, welche Linien man isogonische (von den griechischen Wörtern ἴσος gleich und γῶνος Winkel) nennt. Linien, in denen gar keine magnetische Abweichung stattfand, gab es nach Erman im Jahre 1829 nur zwei, doch hatte jede mehrere Zweige. Eine dieser Linien ging durch das Festland von Asien bei Nischnei Nowgorod, das Ochozker Meer, den großen Ocean, dann durch Neuholland zum Südpol der Erde; die andere ging vom Südpol der Erde aus, durch den südlichen atlantischen Ocean, trat etwas nördlich von Rio Janeiro in das amerikanische Festland und durchschnitt Nordamerika. Die isogonischen Linien sind von sehr verschiedener Gestalt, einige kehren in sich selbst zurück, ohne einen der astronomischen Erdpole zu berühren, andere gehen von einem Pole aus und kehren zu demselben zurück, ohne den anderen zu berühren, andere gehen von einem Pole zum andern, und noch andere spalten sich an einem Punkte in zwei Zweige, von denen der eine zum andern Pole geht, der andere zum ersten zurückkehrt. Aber auch in den einzelnen Punkten ist die Abweichung nicht fortwährend dieselbe, und daher wird die Gestalt und Lage der isogonischen Linien fortwährend anders und anders. In einigen Orten rückt die Magnetnadel jährlich um einige Minuten nach Westen, in anderen nach Osten, und in noch anderen verweilt sie einige Zeit bei derselben Abweichung ohne merkliche Veränderung. In unsern Gegenden ist die Abweichung in früheren Zeiten östlich gewesen, ist dann westlich geworden und kürzlich hat die westliche Abweichung ihren höchsten Grad erreicht; seitdem ist sie im Abnehmen. Von Paris und London haben wir am längsten fortgesetzte Beobachtungen. In Paris betrug die Abweichung östlich 11° im Jahre 1580, genau nach dem Norden zeigte die Nadel im J. 1666, im J. 1712 war ihre westliche Abweichung 10°, 20° im J. 1771 und fast 23° gegen das J. 1819. In London betrug die östliche Abweichung 1580: 11°, 1657 war die Abweichung = 0, 1692 war die westliche Abweichung = 6°, 1750 ungefähr 18°, 1797 war sie 24°, nahm darauf nur langsam zu, so daß sie 1819 am größten = $24\frac{1}{2}$° war, und ist seitdem dort im Abnehmen. Im östlichen Deutschland ist die Abweichung schon länger im Abnehmen, und hat sich seit 1814 stark vermindert. Bei uns beträgt die westliche Abweichung ungefähr 17°. Diese Veränderungen der Lage des magnetischen Meridians geschehen nicht durch ein ruhiges Fortschreiten der Magnetnadel nach einer bestimmten Richtung hin, sondern durch ein fortwährendes Oscilliren (v. d. lat. oscillare, schwanken, schaukeln) der Nadel, wobei sie mehr nach der einen als der anderen Richtung ausschlägt und dadurch den Meridian verändert. Die Bewegungen der Nadel pflegen

Digitized by Google

des Nachts schwächer zu sein, als des Tages, im Winter schwächer als im Sommer, in der Nähe des Aequators schwächer als in der Nähe der Pole. Unter dem magnetischen Aequator (s. d. Art.) findet nach Arago gar keine tägliche Bewegung Statt. Von Morgens zwischen 6 — 9, wo sie den östlichsten Stand hat, bewegt sich die Nadel bis gegen 1 — 2 Uhr rasch nach Westen, von wo sie, mit einer geringen Unterbrechung, bis 1 — 2 Uhr Morgens wieder zu ihrem östlichen Stande zurückkehrt. Nach 1 — 2 Uhr beginnt eine zweite Schwingung von 7stündiger Dauer, die aber bei weitem unbedeutender ist. Die Zeit der größten Abweichung der Nadel, die in Europa um 2 Uhr Nachmittags fällt, ist keinesweges überall dieselbe. Auf Island ist nach Löwenörn um 8 Uhr Abends die Nadel am westlichsten, auf der Westküste von Grönland nach Ginge um 9 — 10 Uhr Abends, nach Macdonald auf St. Helena um 8 Uhr Morgens, und auf Sumatra um 5 Uhr Abends u. s. w. Ein genaues Deklinatorium zu Beobachtung der täglichen Aenderungen giebt Horner an:

AA′ (Fig. 18.) ist ein starker viereckiger Rahmen von Messing oder Kupfer, welcher um das Centrum J beweglich, am Schwanzstück S vermittelst der Schrauben vv in beliebiger Richtung befestigt wird. Auf denselben wird eine dicke Messingplatte BBB aufgeschraubt, welche die Mikroscope MM′ trägt, und zwei viereckige Oeffnungen als Fenster hat. An dieser Tafel B ist von unten der Glaskasten GG′ befestigt, welcher in der Zeichnung als ganz durchsichtig dargestellt ist, in der Ausführung jedoch am besten aus hölzernen Rahmen zusammengesetzt wird. Er ist unten mit einem dünnen Boden versehen, und steht schwebend von der Steinplatte um die Dicke des Stückes S ab. Auf der entgegengesetzten Seite des Kästchens befindet sich der Träger T für die Glasröhre, in welcher die Nadel ns an einem Seidenfaden aufgehängt ist. Sein Fußstück, das einen Halbkreis bildet, steht auf einem nur eben auf der Tafel hervorragenden Stifte und wird durch drei Stellschrauben, ppp, von denen eine in der Zeichnung sichtbar ist, auf dieselbe niedergezogen, so daß man durch veränderte Neigung des Trägers den Mittelpunkt der Nadel jeder Zeit in die Linie der Mikroscope zurückführen kann, ohne die letztern selbst im Mindesten zu stören. In der obern Fläche des Gestelles A und der Tafel B befindet sich ein geräumiges kreisrundes Loch, um der Röhre R freien Durchgang zu gestatten. Zur Abhaltung des Luftzuges wird die Röhre R mit einem leichten messingenen Kragen K umgeben, dessen Durchschnitt die nebenstehende Figur darstellt. Dieser ist auf der Fläche B nur los aufliegend, und mag nöthigenfalls mit irgend einer weichen Substanz, z. B. mit Sammt, in seinen Zwischenräumen ausgefüttert werden. Auf jedem Ende der Nadel ns wird ein dünner Streif von Silber als Gradbogen aufgeschraubt, welcher auf Minuten getheilt ist. Wäre der Abstand des Endes der Nadel vom Mikroscop stets unveränderlich, so könnte man die Intervalle der Eintheilung größer machen, und statt eines bloßen Absehfadens im Mikroscop einen Vernier auf Glas anbringen. Für eine Nadel von 1 Fuß Länge sollte die optische Vergrößerung nicht unter 20 bis 30 Mal betragen. Beim Gebrauche muß man durch beide Mikroscope beobachten;

Digitized by Google

aus dem Unterschiede der Angaben läßt sich erkennen, ob etwa der Mittelpunkt der Nadel excentrisch geworden sei. Noch ist das Versicherungs-Fernrohr zu bemerken, welches auf dem Deckel B in genauer Verbindung mit den Mikroscopen angebracht wird. Es kann auch, wenn man es vorzieht, nur in zwei Lager L L' gelegt werden, welche in der Zeichnung zu sehen sind. Daß alle metallenen Theile des Instrumentes aus reinem, neubereiteten, ohne Zusatz von Feilspähnen gegossenen Messing verfertigt werden müssen, bedarf wohl keiner besondern Erinnerung.

Alle Erscheinungen regelmäßiger Abweichung der Magnetnadel hat man durch magnetische Eigenschaften der Himmelskörper zu erklären gesucht, die Aenderung des magnetischen Meridians namentlich aus dem Magnetismus der Erde, siehe Erdmagnetismus.

Es treten aber auch Abweichungen der Magnetnadel ein, bei denen wir keine Regelmäßigkeit bemerken können, und die deswegen Störungen genannt werden. Wir sprechen hier nicht von solchen, die in zufälligen besondern Umständen ihren Grund haben, wie die Ablenkung der Magnetnadel durch das Eisenwerk auf einem Schiffe (s. Ablenkung), sondern nur von allgemeinen. Die stärksten Störungen treten zur Zeit eines Nordlichtes ein, und zeigen sich selbst an Orten, wo das Nordlicht wegen des Tageslichtes oder wegen zu großer Entfernung nicht sichtbar ist; doch hat man derartige Störungen auch anderen Meteoren, z. B. starken Schneefällen, vorangehen sehen. Schon vor der Erscheinung des Nordlichtes (zuweilen mit einer Abweichung von 5°) ist die Nadel in großer Unruhe ja nach Hansteen in größerer als während des Nordlichtes selbst. Am unruhigsten scheint die Nadel zu sein, wenn auch die Nordlichtstrahlen nicht immer gleiche Richtung behalten. Die Nordspitze der Nadel scheint dem Nordlichte zu folgen, indem sie westlich geht, wenn es im Westen, östlich, wenn es im Osten brennt. Wilke bemerkte, daß zuweilen bei starken Nordlichtern mit Bogen und hellen Flammen die Nadel nicht mehr als gewöhnliche Bewegung gezeigt habe. Dieses war vornehmlich der Fall, wenn die Nordlichtwolke sehr niedrig war, oder der Bogen in der Richtung des magnetischen Meridians gleichmäßig selbst bis an und über das Zenith emporstieg, und die Flammen sich allenthalben gleich vertheilten. Margentin hat die merkwürdige Erfahrung gemacht, daß die Nadel nach einem starken Nordlicht ihre Reizbarkeit verloren zu haben schien, so daß nicht nur die regelmäßigen Schwankungen geringer ausfielen, sondern daß sie selbst für ein schwaches Nordlicht unempfindlich blieb. Von der großen Entfernung, in welcher sich noch die Wirkungen des Nordlichtes auf die Magnetnadel wahrnehmen lassen, zeugen Thatsachen wie folgende: d. 14. Nov. 1820 wurde ein Nordlicht in St. Petersburg beobachtet, welches die Nadel in Paris merklich aus ihrer Stelle brachte; ein andres den 13. Febr. 1822 bei Inverneß in Schottland, begleitet von einer Störung der Magnetnadel in Paris.

Abweichung, optische. Alle unsere optischen Instrumente leiden an zwei Unvollkommenheiten, von denen die eine darin beruht, daß die Ränder der Linsen die Strahlen nicht ganz in den nämlichen Brennpunkt concentriren, als ihre Mitte, was man Abweichung

Digitized by Google

wegen der Kugelgestalt nennt, die andere darin, daß die nämliche Linse die Strahlen von verschiedener Brechbarkeit in größerer oder geringerer Entfernung von ihrer Axe concentrirt, was eine Zerstreuung des Brennpunktes zur Folge hat, die man die Abweichung wegen der Brechbarkeit nennt.

Die Abweichung wegen der Kugelgestalt oder sphärische Abweichung (von dem griech. σφαῖρα, Kugel) ist so zu erklären. Auf die Linse L (Fig. 15.) fallen mehrere Strahlen, welche gebrochen werden, indem sie in die Linse eindringen; schneiden die der Axe AB nächsten dieselbe in F, so werden die anderen mehr abweichenden einander in f′, f, f‴, f″ schneiden. Alle diese Durchschnittspunkte werden zusammen zu beiden Seiten der Axe eine krumme Linie ff′ Ff‴ f″ bilden, welche man Brennlinie nennt. Wegen dieser Abweichung geben nur die wenig von der Axe abstehenden Strahlen hinter der Linse ein deutliches Bild des leuchtenden Punktes. Man kann indeß dieselbe nach Herschel (dem jüngeren) durch Aneinanderstellung zweier Linsen von bestimmten Krümmungen gänzlich aufheben, und bei einzelnen Gläsern läßt sie sich wenigstens außerordentlich verringern. Bei einer gleichseitigen Linse ist die Abweichung größer als bei einer ungleichseitigen, bei dieser größer, wenn die weniger gekrümmte Seite gegen das Object gekehrt ist, als wenn das Gegentheil stattfindet, bei einer Converplanlinse oder bei einer Concavplanlinse, deren Planseite gegen das Auge gewendet wird, ist die Abweichung fast die möglich geringste. S. d. Art. Linsengläser.

Die Abweichung wegen der Brechbarkeit, chromatische Abweichung (v. d. griech. χρῶμα, Farbe). Die Brechbarkeit des Lichtes hängt mit seiner Eigenschaft, die Empfindung einer bestimmten Farbe zu erregen, innig zusammen, deswegen tritt bei jeder Brechung auch eine Farbenzerstreuung ein. Wo ein Lichtstrahl von seiner Bahn bedeutend abgelenkt wird, da ist der Einfluß dieser Zerstreuung auf die Deutlichkeit und Färbung des Bildes sehr groß. Es sei S (Fig. 16.) ein leuchtender Punkt, der weißes Licht auf die Sammellinse AB sendet. Dieses Licht wird bei der Brechung zerstreut. Die brechbarsten Strahlen vereinigen sich in v, die von mittlerer Brechbarkeit in f, die am wenigsten brechbaren in r, so daß alle zusammen, abgesehen von der Abweichung wegen der Gestalt des Glases, sich nicht mehr in einem Punkte vereinigen, sondern bei ihrer größten Vereinigung innerhalb eines Kreises vom Durchmesser CD liegen, den man Abweichungskreis nennt. Stellt man ein dünnes Plättchen mit einer feinen runden Oeffnung nahe an den Brennpunkt einer Sammellinse, die in einem verfinsterten Zimmer einen eindringenden Lichtkegel auffängt; so werden einige der farbigen Strahlen aufgehalten, während die anderen durch die Oeffnung gehen und auf einer Tafel aufgefangen, ein schönes Farbenspiel gewähren. Diese Erscheinung wird noch schöner, wenn man statt der runden Oeffnung eine ringförmige nimmt. Die chromatische Abweichung ist bei gewöhnlichen Linsen in der Regel viel größer als die sphärische, und sie würde den Bildern alle Deutlichkeit nehmen, wenn nicht das Licht am Mittelpunkte f des Abweichungskreises am stärksten wäre, und nach dem Umfange zu mehr

Digitized by Google

und mehr abnehme. Indem man jede Linse aus verschiedenartigen Gläsern, von ungleicher und entgegengesetzter Zerstreuungskraft zusammensetzt, kann man die chromatische Abweichung, wo nicht völlig aufheben, doch in den Fernröhren unmerklich machen. Siehe hierüber d. Art. Linsengläser.

Man mißt übrigens die Größe der Undeutlichkeit, welche von einer dieser beiden Arten optischer Abweichung herrührt, durch den Halbmesser des Kreises, in dem sich die Strahlen vereinigen, welche, gäbe es keine Abweichung, in einen Punkt vereinigt sein würden. Dieser Halbmesser heißt darum Halbmesser der Undeutlichkeit.

Adhäsion (v. d. lat. adhaerere, anhängen), Anhängung. Vermöge des allgemeinen Gesetzes der Anziehung (s. d. Art.) haften die Körper, mit einander in Berührung gebracht, an einander, welche Erscheinung man Adhäsion nennt. Eine andere Erscheinung, welche gleichfalls ihren Grund in der Anziehung hat, ist die Cohäsion, oder der innere Zusammenhang der Körper.

Bei sehr vielen Erscheinungen läßt es sich schwer entscheiden, ob Cohäsion oder Adhäsion stattfinde, wie z. B. bei den tropfbarflüssigen Körpern. Man kann sich aber jeden Körper zusammengesetzt denken aus einer Menge kleiner untheilbarer Körper (s. Atomen, Moleculen), und dann würde am Ende alle Cohäsion auf Adhäsion hinauslaufen. Daher wird es natürlicher sein, auch das Zusammenhaften der Tropfen einer flüssigen Substanz der Cohäsion zuzuschreiben. Wo zwei oder mehrere Körper sich mit einander verbinden, da wird es darauf ankommen, ob ihre Verbindung eine chemische sei, oder nicht; im ersten Falle wird ein neuer Körper entstehen, dessen Theile durch Cohäsion zusammengehalten werden, im zweiten Falle wird zwischen den verschiedenartigen Körpern Adhäsion stattfinden.

Wir werden nun zu unterscheiden haben. Adhäsion fester Körper unter einander; Adhäsion fester Körper an tropfbar flüssige und umgekehrt; Adhäsion tropfbar flüssiger an tropfbar flüssige; Adhäsion expansibler Flüssigkeiten sowohl an feste und tropfbar flüssige, als unter einander.

1. Adhäsion fester Körper unter einander. Man nimmt nach den Gesetzen der Anziehung an, daß Körper desto stärker an einander haften, je mehr Berührungspunkte sie einander darbieten. Man pflegt deswegen, um Versuche über die größere oder geringere Adhäsionskraft der verschiedenen festen Körper an einander anzustellen, dieselben soviel als möglich zu ebenen und dann mit den glatten Flächen auf einander zu bringen. Die Größe der Kraft, welche erforderlich ist, die Körper wieder von einander zu reißen, ist zugleich die Größe ihrer Adhäsionskraft. Meistens hat man diese Versuche mit geschliffenen Platten, (die man fälschlich auch Cohäsionsplatten zu nennen pflegt), angestellt, welche man mit einer Fettigkeit (Talg oder Oel) eingerieben hatte. Dieß ist darum zu verwerfen, weil man auf diese Weise nicht leicht entscheiden kann, ob das mehr oder minder cohärirende Mittel (das Talg oder Oel) nicht das meiste zu Vermehrung oder Verminderung der Kraft beigetragen habe. Wichtige Versuche hat in neuester Zeit Prechtl angestellt, in-

Digitized by Google

dem er mit vollkommen ebenen und polirten Metallplatten von nahe an 1½ Zoll im Durchmesser verfuhr, wie folgt. An dem einen Balken einer sehr empfindlichen Wage wurde eine dieser Platten, genau ins Gleichgewicht gebracht, so aufgehangen, daß ihre polirte Fläche sich in einer horizontalen Lage befand, und unter derselben die zweite Platte, mit welcher der Versuch angestellt wurde, gleichfalls horizontal auf einer Unterlage befestigt. Die beiden Platten wurden nun mit einander in Berührung gebracht, so daß die beiden polirten Flächen einander genau deckten, und nun wurden auf die Scheibe des zweiten Wagebalkens so lange Gewichte aufgelegt, bis die Trennung der Flächen erfolgte. Während einer zusammengehörigen Reihe von Versuchen fand keine merkliche Aenderung in Temperatur und Barometerstande statt. Die Versuche wurden einige Mal, und zwar immer mit frischpolirten Flächen wiederholt. Hierdurch ergab sich das merkwürdige Resultat: daß diejenige Adhäsion, welche zweien Scheiben aus einem und demselben Metalle zukommt, auch die Adhäsion ist, welche diesem Metalle mit jedem anderen, von geringerer Adhäsion mit sich selbst, zugehört. Z. B. Eine Kupferscheibe hing zusammen mit einer Kupferscheibe mit einer Kraft von 21 Gran, mit eben dieser Kraft hing nun die Kupferscheibe zusammen mit einer Wismuth-, Zink-, Zinn-, Bleischeibe u. s. w., obgleich die Adhäsion zweier Scheiben von einem jeden dieser Metalle (Blei und Blei, Zinn und Zinn u. s. f.) geringer war, als jene des Kupfers mit dem Kupfer. Prechtl will übrigens mit völliger Bestimmtheit gefunden haben, daß die Anziehung der Platten eines und desselben Metalles nicht blos in der Berührung, sondern auch in der Entfernung statt habe; ja sie soll schon innerhalb des Abstandes einer halben Linie deutlich bemerkbar gewesen sein, so daß sie durch kleine Gewichte gemessen werden konnte. Die schwebende Platte wurde von der andren parallelen Platte in einer geringen Entfernung angezogen, bis beide Flächen einander berührten, was mit sichtbarer Beschleunigung und einer Art von Stoß geschah. — Adhäsion ist auch das Haftenbleiben des Staubes selbst an senkrechten Wänden, ja an wagerechten Decken, von da derselbe doch, wenn er nur dem Gesetze der Schwere folgte, herabfallen müßte. Je feiner der Staub ist, desto leichter bleibt er hängen und häuft sich auf. Ein sehr schöner farbenspielender Ueberzug bildet sich (mittelst der Feuchtigkeit und des Sonnenstrahles) durch den Staub auf dem Glase, besonders auf schlechtem Fensterglase, welches man zu reinigen vernachlässigt, oder häufig bei Sonnenschein befeuchtet hat. Ist dieser Ueberzug einmal fest geworden, so läßt er sich durch kein Reinigungsmittel mehr herunterbringen. Daß nicht die Objectivgläser der Fernröhre und Spiegel ähnliche, nur dünnere Ueberzüge erhalten, kann man durch Abreiben mit reiner in Kalkwasser getauchter und getrockneter Leinwand verhüten. Künstlich läßt sich die erwähnte Erscheinung nachmachen, wenn man Metallauflösungen, namentlich salpetersaures Silber, auf Glas durch Kupfer niederschlägt, leise abspült, und sodann durch die Sonnenstrahlen einbrennen läßt. — In der Natur kommen viele durch Adhäsion eng aneinander gebundene Körper vor, so der Granit, welcher aus anein-

Digitized by Google

ander adhärirendem Feldspath, Quarz und Glimmer besteht. Sehr fest hängen auch erhärtete Flüssigkeiten an Körpern, auf die sie im flüssigen Zustande gebracht worden sind, so der Leim, Kleister, Kitt, Mörtel u. dergl.

2. Adhäsion fester Körper an tropfbar flüßige und umgekehrt. Läßt man einen Tropfen einer Flüßigkeit auf einen festen Körper fallen, so wird derselbe vermöge der Adhäsion eine platte Form annehmen, bei die Cohäsionskraft überwiegender Adhäsionskraft, ganz auf demselben zerfließen. Taylor war der erste, welcher die Adhäsion, welche zwischen flüßigen und festen Körper statt findet, auf eine der oben beschriebenen (von Prechtl) ähnliche Weise, untersuchte. Er befestigte, wie nach ihm Prechtl, an die eine Seite eines Wagebalkens eine Scheibe von einer festen Materie, und ließ dieselbe dann äußerst vorsichtig auf die Oberfläche einer Flüßigkeit, von der er sie durch Gewichte, welche er auf die Schale am andern Arme des Wagebalkens legte, loßriß. Mit dieser Methode fand Guyton-Morveau: Scheiben von 1 pariser Zoll Durchmesser und übrigens gleicher Beschaffenheit von verschiedenen Metallen zeigten gegen Queckſilber folgende Adhäsion: Gold erforderte zur Abtrennung von Queckſilber 446 Gran, Silber 429, Zinn 418, Blei 397, Wismuth 372, Zink 204, Kupfer 142, Spießglanzkönig 126, Eisen 115, Kobold nur 8 Gran, Platina 108 (nach längerem Warten 282 Gr. und weiß glühend nur 10 Gr.) Taylor selbst glaubte, daß bei seiner Methode der Luftdruck von Einfluß sei, allein Morveau fand unter dem Recipienten der Luftpumpe fast dieselben Erfolge. Andere Schwierigkeiten liegen darin, daß, indem häufig Flüßigkeit an den Scheiben hängen bleibt, (was offenbar darin seinen Grund hat, daß die Cohäsion der Flüßigkeit schwächer als ihre Adhäsion an die festen Körper ist), beim Losreiſſen von derselben, eigentlich der Cohäsionszustand der Flüßigkeit (wenigstens theilweise) gemessen wird. Besonders scheint an diesem Mangel das Verfahren Huth's zu leiden, welcher Würfel von verschiedenen Holzarten erst 24 Stunden in Wasser liegen ließ, eh' er die Losreißungsversuche mit ihnen anstellte. Link stellte mit einer Calcedonplatte von 10,2 Lin. Durchmesser Versuche an, indem er dieselbe mit einer Reihe von Flüßigkeiten zusammen brachte und loßriß. Er brauchte zum Losreiſſen bei einer Temperatur von 12° R. von reinem Wasser 25 Gran Med. Gew., von Schwefelsäure (sp. G. 1,803) 29 Gr., von Salzsäure (sp. G. 1,408) 25 Gr., Essigsaure Bleisolution, gesättigt, 25 Gr., Salpetersolution, gesätt., 23 Gr., Glaubersalzsolution, gesätt., 22 Gr., Kalkauflösung (sp. G. 1,216) 21 Gr., Mandelöl 16 Gr., Steinöl 16 Gr., Terpentinöl 15 Gr., Alkohol (sp. G. 0,840) 15 Gr., Alkohol, absol., 15 Gr., Schwefeläther 10 Gr. Eine Erscheinung der Adhäsion flüßiger Körper an feste ist auch die Haarröhrchen-Anziehung, s. d. Art., aus welcher sich mehrere andere Erscheinungen erklären lassen. Bringt man zwischen 2 frisch gereinigte, unter einem spitzigen Winkel gegen einander geneigte Glasplatten einen Tropfen Wasser, so wird er beiden adhäriren, und der Schwere entgegen

Digitized by Google

dahin gezogen werden, wo die Platten sich am nächsten sind. Noch augenfälliger läßt sich dieser Versuch mit einem Tropfen Sassafrasöl oder Orangenöl, zwischen zwei feuchte Glasplatten gebracht, anstellen. Aehnlich ist eine andere Erscheinung. Zwei parallele Platten nämlich, welche in geringem Abstande von einander in eine Flüßigkeit getaucht werden, streben sich einander zu nähern, es mag die Flüßigkeit zwischen ihnen höher oder niedriger stehen, als das Niveau derselben im Gefäße ist. Andre Erscheinungen der Adhäsion sind: der concave (vom Rande nach der Mitte zu hohle) Stand des Wassers in einem Glase, (den Gesetzen der Schwere nach müßte das Wasser horizontal sein, den Gesetzen der Cohäsion nach conver d. h. nach der Mitte zu erhaben); das Emporsteigen des Wassers (eines Wasserberges) an einem eingetauchten Stückchen Glas; das Hineilen eines schwimmenden Körpers nach dem Rande, wenn es in die Nähe desselben gekommen ist; das langsame Fließen eines Flußes (da dasselbe nach den Gesetzen des Falles viel schneller sein würde, wirkte die Adhäsion an die Ufer und den Grund nicht hemmend); das Herablaufen der Flüßigkeiten an den Rändern der Gefäße ohne übergebogenen Rand, wenn man nicht schnell genug umwendet; endlich alles naß werden. Daraus, daß einige feste Körper von gewissen flüssigen nicht benetzt werden, folgt aber nicht, daß zwischen denselben keine Adhäsion statt finde, sondern einzig, daß diese nicht groß genug sei, um die Cohäsion des flüßigen Körpers aufzuheben. So wird z. B. Glas von Queckſilber nicht benetzt, und steht conver in gläsernen Gefäßen; aber ein auf einer Glasplatte liegender Tropfen Queckſilber fällt nicht herab, wenn man die Platte umwendet, also findet dennoch Adhäsion statt. Auf der Adhäsion des Wassers an einem Seile beruht die Vera'sche Seilmaschine, Funicularmaschine (v. d. lat. funis Strick), welche Fig. 17. darstellt. Sie besteht aus einem Seil ohne Ende (in sich zurücklaufend), welches um zwei Rollen A und B geht, von denen die eine A unter der Fläche des Wassers im Gefäße G ist. Die Rolle B ist in einem Kasten K, und ihre Axe steht mit einer anderen kleineren Rolle x hinter dem Ständer (daher in der Fig. nicht zu sehn) in Verbindung, über diese Rolle und über die große Rolle R geht wieder ein Strick ohne Ende. Nun wird R gedreht, dadurch wird die Rolle x und mit dieser B, und also auch A und das Seil um A und B in Bewegung gesetzt. Am Seile adhärirt das im Gefäß G befindliche Wasser, geht mit ihm hinauf nach dem Kasten K, schlägt gegen die obere Wand desselben, läuft an den Wänden herunter und kann nun durch eine Röhre O dahin geleitet werden, wohin man es haben will. Bei a und b sind über den Löchern, durch welche der Strick geht, Röhren angebracht, damit das Wasser nicht durch die Löcher ablaufen kann. Durch mancherlei Verbesserungen kann man die Wirksamkeit der Maschine noch bedeutend vermehren, allein immer bleiben zwei Uebelstände ungehoben, welche ihre Anwendung erschweren: die bedeutende Reibung, welche zu besiegen ist und der Umstand, daß die Stricke im Wasser leicht faulen. — Wie verschieden die Adhäsionskraft der verschiedenen Flüßigkeiten sei, dafür sprechen unter andern auch Prevost's interessante Versuche, nach welchen eine Flü-

Digitized by Google

ßigkeit die andern von einer Glasplatte verdrängt. So verdrängen einander folgende Substanzen, in der angegebenen Ordnung: Aether, Alkohol, wesentliches Pfeffermünzöl, Bergamotöl, Majoranöl, Sarrietöl, Mohnöl, Olivenöl, Nussöl nebst vielen anderen Oelen, Wasser. Das reine Wasser dagegen vertreibt salzige und erdige Lösungen, und diese wieder andere in folgender Ordnung: Wasser, Alaunlösung, Vitriollösung, Glaubersalzlösung, Salpeterlös., Kochsalzlös., salzsaure Ammoniaklös. u. a. — Noch ist einer merkwürdigen Erscheinung zu gedenken. Der Kampher hat nämlich die Eigenschaft, deren wir schon von andern Körpern Erwähnung gethan haben, daß er auf eine Platte gebrachtes Wasser zurücktreibt. Wenn man aber ein kleines Stückchen Kampher auf die Oberfläche eines mit Wasser gefüllten Gefäßes bringt, so geräth der Kampher in eine sehr schnelle drehende Bewegung. Aehnliche Erscheinungen kommen auch noch bei andern Substanzen vor. So bewegt sich ein kleines auf Wasser schwimmendes Gefäß, in welchem einige Tropfen Aether sind. Auch auf trockenem Queckſilber, so lange die Oberfläche desſelben hinlänglich rein ist, gerathen Kampherstückchen und Phosphorstückchen in eine drehende Bewegung. Dabei erzeugen die sich drehenden Phosphorstückchen im Dunkeln einen Lichtschimmer. Der Grund zu dieser Bewegung mag in der Anziehung der Wasser- oder Queckſilberflächen und zugleich der Luft gegen die feinen verdampfenden Theilchen Kampher seyn. Dafür spricht, daß die Bewegung aufhört, sobald man einen Tropfen Oel auf die Wasserfläche giebt, welcher sich augenblicklich über dieselbe verbreitet, oder sobald das Queckſilber sich mit einem Häutchen überzogen hat; daß ferner nach Carradori ein Tropfen Euphorbiensaft (nicht aber Oel, welches stärkere Adhäsion hat) sich nicht auf einer Queckſilberfläche, auf welcher ein Phosphorstückchen gelegen hatte, ausbreitete, woraus denn hervorgeht, daß der Phosphor die Queckſilberfläche wie ein Tropfen Oel überzogen hatte. Auch ließ sich das Phosphorhäutchen vom Queckſilber mit einem Messer herunternehmen, worauf die vorher unterbrochene Bewegung wieder statt fand. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich auch der Kampfer in einem, nur noch viel dünnerem Häutchen über die Oberfläche des Queckſilbers ausbreite. — Auf der Adhäsion zwischen flüssigen und festen Körpern beruht alles Schreiben, Malen, Schlemmen u. s. w.

4. Die Adhäsion tropfbarer Flüssigkeiten an einander zeigt sich, wenn man auf Queckſilber einen Tropfen Wasser bringt, indem derselbe, nicht, wie man den Gesetzen der Cohäsion nach vermuthen sollte, seine runde Gestalt beibehält, sondern sich augenblicklich über die ganze Oberfläche des Queckſilbers verbreitet. Ein gleiches geschieht, wenn man einen Tropfen Olivenöl oder Euphorbiensaft auf eine Wasserfläche giebt, indem das Wasser mit einem dünnen farbenspielenden Häutchen überzogen wird. Hierbei tritt wieder die Erscheinung auf, daß ein flüssiger Körper den andern vertreibt, je nachdem die Adhäsionskraft des einen stärker oder schwächer als die des andern ist. Bringt man auf eine Wasserfläche, auf welcher sich schon ein Oeltropfen ausgebreitet hat, einen zweiten Tropfen Oel, so dehnt sich der-

Digitized by Google

selbe nur schwach linsenförmig horizontal aus, nimmt aber statt dessen gewissermaßen eine verticale Ausdehnung an, indem sich Anfangs am Rande desselben mannigfaltige nicht hohle sondern volle, kleinere linsenförmige Erhabenheiten verschiedener Größe ausbilden, die eine gemeinschaftliche Bewegung nach dem Gipfel der convex daliegenden Oelhaut annehmen, wobei sich, wie vermöge einer wechselseitigen Anziehung, die kleineren Linschen nach den größeren hinbewegen und mit ihnen zu noch größeren zusammenfließen, auch wohl mehrere kleinere zusammenfließen. Kurz darauf, und um so eher, je flüchtiger das Oel ist, steigen über die ganze Oberfläche der Haut andere Erhabenheiten auf, noch größer als die, welche zu Anfange nahe am Rande sich erhoben hatten. Sie haben eine ganz krause und ungleiche Oberfläche, und an ihrer Basis entwickeln sich wieder andere, anfangs linsenförmige, später in einen Schwanz verlängerte Erhabenheiten, welche nach dem Gipfel der größern Erhabenheiten aufsteigen, ohne doch ganz zum Gipfel zu gelangen, indem sie schon vorher in der Masse der größern Erhabenheiten sich verlieren und verschwinden. Diese Erscheinung will Biot aus einer Wärmeentwickelung, welche in der Berührungsgrenze des Oels mit der Flüssigkeit und Luft statt finde, erklären. Die Beobachtung ist von Fusinieri, der jedoch mittelst des Thermometers keine Wärmeentwickelung nachweisen konnte. — Wie stark das Bestreben des Wassers und Weingeistes sich mit einander zu verbinden sei, geht daraus hervor, daß wenn man ein mit Weingeist gefülltes Fläschchen mit einem in Wasser stark erweichten Stückchen Rindsblase zubindet und unter Wasser taucht, durch die Blase in einigen Stunden eine solche Menge Wasser dringt, daß die Blase hoch aufschwillt, und, wenn man dann mit einer Nadel hineinsticht, ein mehrere Fuß hoher Wasserstrahl herausspritzt. Aehnlich ist die Erscheinung, daß wenn man eine Glasröhre an dem einem Ende mit einem Stück Rindsblase überbindet und zu dem anderen Ende eine Flüssigkeit hineingießt, sodann die Röhre mit dem verbundenen Ende in eine verwandte Flüssigkeit taucht, eine Verbindung beider Flüssigkeiten statt findet. Versuche hierüber hat N. W. Fischer gemacht.

5. Die Adhäsion expansibler Flüssigkeiten an feste Körper und an tropfbare ist unter d. Art. Absorption weitläuftigst abgehandelt worden.

Die Adhäsion scheint die erste Aeußerung chemischer Verwandtschaft (s. d. Art.) zu seyn, weshalb es so schwer ist zu unterscheiden, ob da, wo tropfbare und expansible Flüssigkeiten zusammen kommen chemische Verbindung statt finde oder nicht (s. d. Art. Absorption). Die Adhäsion findet nur bei der Berührung statt; daß aber in der That Anziehung wie auch Prechtl und Link bei ihren (oben erwähnten) Versuchen bemerkt haben wollen, sie veranlasse, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man einen dünnen Faden einem Wassertropfen nähert. Der Faden wird sich nämlich, wenn auch aus geringer Entfernung durch einen Sprung an den Wassertropfen anhängen. Bei jeder Adhäsionserscheinung scheint Wärme sich zu entwickeln. Bouillet hat dargethan, daß bei jeder Benetzung fester Körper mit Flüssigkei-

Digitized by Google

ten Temperaturerhöhung statt finde. Von der Wärmeentwickelung, welche statt findet, wenn expansible Flüssigkeiten mit tropfbaren oder festen zusammenkommen, ist unter dem Art. Absorption gesprochen worden. — Die Temperatur ist (wie bei Absorption und Cohäsion) von Einfluß auf die Adhäsion, indem die Größe derselben, nach Achard, durch zunehmende Temperatur vermindert wird. Nach Schmidt wirkt auch die Elektricität mindernd auf die Adhäsion.

Aeolsharfe, Windharfe (von Aeolus dem König der Winde) ist ein Instrument, welches wesentlich aus einem schmalen länglichen Kasten mit einem dünnen Resonanzboden, auf welchen der Länge nach über zwei oben und unten stehende Stege Darmseiten (a Seiten) gleichmäßig und nicht zu stark gespannt sind. Dieses Instrument wird dem Luftzuge ausgesetzt, worauf es durch denselben die verschiedenartigsten consonirenden Töne hören läßt. Die besten Aeolsharfen werden verfertigt, indem ein etwa 4 Fuß langer, oben 6 bis 7 Zoll, unten 4 bis 5 Zoll breiter und 5 Zoll hoher Rahmen von tannenen nicht ästigen Brettern mit einem dünnen Resonanzboden versehen wird, und über zwei an den Enden angebrachte 0,75 Zoll hohe Stege 6 bis 10 a Seiten gleichstimmend gezogen werden. Dieses Instrument stellt man senkrecht in ein wenig geöffnetes Fenster, so daß die Zugluft schräg gegen die Seiten stößt. W. Jones brachte die Seiten und den wie gewöhnlich mit einem runden Ausschnitte versehenen Resonanzboden inwendig im Kasten an, auswendig aber befestigte er noch einen Boden mit einem horizontalen Einschnitte, wodurch das Instrument tragbar gemacht wurde und gegen den Wind gerichtet werden konnte. Langguth giebt eine transversale Aeolsharfe an, welche in einem Kasten befindlich ist, an den Windklappen angebracht sind, um damit den Luftzug zu reguliren. — Der erste, der von der Windharfe gesprochen hat, war Kircher, als ihr eigentlicher Erfinder ist jedoch der schottische Componist Oswald anzusehen, welcher durch Pope, der im Eustatius gelesen hatte, daß Seiten, an welche der Wind stieße, Töne von sich geben, aufmerksam gemacht worden war. Am meisten hat sich M. Young bemüht den Grund aufzufinden, wie eine Aeolsharfe bei gleicher Stimmung der nämlichen Seiten doch so verschiedenartige Töne hervorbringen könne, ja wie ein und dieselbe Seite, wie er bei seinen Beobachtungen fand, mannichfaltig zu tönen vermöge. Young berechnete die Punkte auf welche die Schwingungsknoten der Seite fallen müßten, und er fand auch, daß der Ton nicht aufhörte, wenn er den so gefundenen Schwingungsknoten berührte, während der Ton allerdings aufhörte, sobald die Stelle der Berührung verrückt wurde. Die interessantesten Beobachtungen hat neuerlichst Pellisow gemacht. Er fand zunächst Youngs Bemerkung über die Schwingungsknoten bestätigt, zugleich aber auch, daß man dem ohnerachtet nicht annehmen kann, daß in einer Seite, die ohne alle Berührung der Wirkung des Windes ausgesetzt ist, aliquote Theile entstehen, ungeachtet der verschiedenen Töne, die sie unter dem Einfluß desselben hervorzubringen vermag; auch fand er, daß die Töne, welche die Seite einer Aeolsharfe bei gleichbleibender Spannung hervorbringt, nicht mit

Digitized by Google

der Reihefolge derer übereinkommt, die sie durch eine Theilung in aliquote Theile geben könnte, daß dagegen die Höhe der Töne der Aeolsharfe im Verhältniß mit der Schnelligkeit des sie erzeugenden Windes zu stehen scheine. Er fand auch die Ansicht widerlegt, nach welcher mitklingende Nebentöne wahrgenommen werden sollen. Auf keine Weise konnte Pelliſow Transverſalſchwingung bemerken. Er meint daher die Seite der Aeolsharfe erhalte durch den fortgeſetzten Luftſtrom eine Reihe von Stößen, und werde dadurch in ihren Molecular-Theilchen in Longitudinal-Schwingungen verſetzt und zum Tönen gebracht. Dieſe Anſicht wird noch beſonders durch eine andere Beobachtung Pelliſow's unterſtützt, indem, wenn man die Seite einer Violine in Molecular-Schwingungen verſetzt, Töne entſtehen, welche denen der Aeolsharfe täuſchend ähnlich ſind.

Aequator des Himmels, Gleicher, Aequinoctialkreis (von dem lat. aequus, gleich) heißt derjenige größte Kreis des Himmels, deſſen Pole die zwei Pole der Himmelskugel ſind. Er theilt alſo die ganze Himmelskugel in zwei gleiche Hälften, welche die nördliche und ſüdliche Halbkugel oder Hemiſphäre heißen und iſt in jedem ſeiner Punkte gleich weit von den Polen entfernt, nämlich 90 Grade. Die Meridiane und überhaupt alle Kreiſe, welche durch die Pole gehen, ſtehen folglich auf ihm ſenkrecht. Mit dem Horizont ſchneidet er ſich im Morgenpunkt und Abendpunkt, welche 90 Grade vom Meridian entfernt liegen, und da auf dieſe Weiſe ſtets die eine Hälfte des Aequators über, die andere unter dem Horizont liegt, ſo verweilen alle Sterne, die im Aequator ſtehen eben ſo lange über als unter dem Horizont und wenn die Sonne ſich im Aequator befindet ſind Tag und Nacht gleich lang, woher der Gleicher (Aequinoctialkreis) ſeinen Namen hat. Wie jeder Kreis, ſo wird auch der Aequator in 360 Grade getheilt, die man vom Frühlings-Nachtgleichenpunkte zu zählen anfängt. Funfzehn Grade des Aequators gehen in einer Stunde durch den Meridian, alſo funfzehn Minuten des Aequators in einer Zeit-Minute, funfzehn Secunden des Aequators in einer Zeit-Secunde. (S. d. A. Sternzeit). Man findet den Aequator am Himmel am leichteſten durch Sterne, die in ſeiner Nähe ſtehen, ſolche ſind: der weſtliche Stern im Gürtel des Orion, die Sterne im Gefäße des Waſſermanns, der Stern in der Bruſt des Antinous, (ſüdlich vom Atair), zwei Sterne im untern Flügel der Jungfrau, (von denen der zweite ungefähr drei Grade vom Herbſtpunkt entfernt iſt). — Aequatorhöhe heißt der Winkel, welchen der Aequator mit dem Horizonte macht.

Aequator der Erde, Gleicher, Linie, Aequinoctiallinie, iſt der, von den Polen gleich weit entfernte größte Kreis um die Erdkugel, deſſen Pole alſo die Pole der Erde ſind. Der Aequator der Erde liegt in Einer Ebene mit dem Aequator des Himmels, d. h. wenn man ſich durch den Aequator des Himmels eine Ebene gelegt denkt, ſo ſchneidet dieſelbe die Erde im Aequator. Die Erde wird durch ihn in die nördliche und ſüdliche Halbkugel oder Hemiſphäre getheilt. Zu beiden Seiten des Aequators liegt die heiße Zone. Nach der Richtung des Aequators erfolgt die tägliche Umdrehung der Erde.

Digitized by Google

Es durchschneidet derselbe den untern Theil von Amerika an der Grenze von Terrafirma, das große Weltmeer, Afrika, und dann unterhalb Asien die Insel Sumatra, Borneo, Celebes und das Südmeer. Er wird ebenfalls in 360 Grade getheilt, von denen jeder 15 geographische Meilen lang ist. Indem man sich durch den Aequator und die Pole Meridiane gezogen denkt, welche senkrecht auf dem Aequator stehen, so nimmt man gewöhnlich als den ersten dieser Meridiane den von der Insel Ferro, einer Canarischen Insel an; die Franzosen pflegen den ersten Meridian über die Pariser Sternwarte, die Engländer über die Sternwarte zu Greenwich zu legen. Ferro liegt von der Pariser Sternwarte 20° (eigentlich 19° 54′) westlich, und von der zu Greenwich 17° 40′ westlich. Einige Geographen zählen vom ersten Meridian 360° fort, andere 180° gegen Westen und eben so viel gegen Osten. Nach diesen Graden wird die geographische Länge (s. d. Art.) bestimmt. Auf dem Aequator ist Tag und Nacht stets gleich, indem jeder Stern, also auch die Sonne 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizont ist, hiervon hat er den Namen Gleicher. Die Linie heißt er vorzugsweise bei den Seefahrern.

Aequatoreal oder Aequatorial ist ein astronomisches Instrument; es ist Fig. 19. abgebildet und besteht wesentlich aus einer Axe AB, welcher die Richtung der Weltaxe gegeben sein muß; an dieser Axe ist ein Kreis C (Aequatorialkreis) so angebracht, daß die Axe AB senkrecht im Mittelpunkte auf dem Kreise steht, und da die Axe AB selbst ein massiver Cylinder ist, so muß ihre mathematische Axe genau durch den mathematischen Mittelpunkt des Kreises C gehen. Ein zweiter Kreis D ist so mit der Axe verbunden, daß seine Ebene mit ihr parallel geht. Um den Mittelpunkt dieses zweiten Kreises kann ein Fernrohr F, welches diesem Kreise parallel läuft, bewegt werden. Beide Kreise sind in Grade und Minuten eingetheilt. Wenn nun, wie Anfangs gesagt worden, die Axe AB die Richtung der Weltaxe hat, so wird die Ebene des Kreises C parallel dem Aequator sein, und die Ebene des Kreises D, als senkrecht auf dieser Ebene, wird mit einem Abweichungskreise zusammenfallen. Wenn man nun das Fernrohr durch Bewegung um den Mittelpunkt des Kreises D und durch Drehung der Axe AB nach einem Sterne richtet, so läßt sich an dem Kreise C abnehmen, um wieviel Grade und Minuten in gerader Aufsteigung der Stern vom Meridian abstehe, und an dem zweiten Kreise aus dem Winkel, welchen das Fernrohr mit der Ebene des Aequators macht, die Abweichung des Sternes. Auf dem Kreise C nämlich sind durch zwei einander gegenüberstehende Merkzeichen die Punkte angegeben, in denen der Meridian den Aequatorialkreis schneidet. Im Kreise D sind die Grade gezählt von dem Durchschnittspunkte einer Linie, welche mit dem Kreise A parallel geht.

Aether, Himmelsluft (v. d. lat. aether, Himmelsluft), eine feine elastische Flüssigkeit, welche, wie man meint ohne sie zu kennen, den Weltraum erfüllen soll und in der sich die Weltkörper bewegen. Wäre solch eine Flüssigkeit wirklich vorhanden, so müßte sie

Digitized by Google

nicht allein das durch sie gehende Licht schwächen, sondern auch allmählig die Bewegung der Planeten verzögern. Man hat indessen bis jetzt noch bei keinem Planeten eine Abnahme der Umlaufszeit bemerken können, dagegen hat Enke allerdings, bei dem von ihm beobachteten Kometen eine Beschleunigung der Umläufe bemerkt, die sich vielleicht aus dem Vorhandensein eines Aethers erklären läßt. Gebe es nämlich einen Aether, so müßten sich die bewegten Weltkörper bei Verminderung ihrer Geschwindigkeit der Sonne nähern; bei Verminderung ihres Abstandes von der Sonne würde sich aber auch die Zeit ihres Umlaufes um dieselbe vermindern. Die Natur der Kometen ist noch zu wenig erkannt, um aus jener von Enke beobachteten Erscheinung auf das Dasein des Aethers zu schließen, und eben so wenig ist nachgewiesen, daß eine nur durch das Vorhandensein des Aethers erklärliche Schwächung des Lichtes statt finde.

Aether (aus d. Lat.) nennt man vorzugsweise den Schwefeläther oder Vitriolnaphtha. Er ist eine wasserhelle, tropfbare, sehr bewegliche Flüssigkeit, die äußerst flüchtig ist, schon bei 28° R. kocht, beim Verdunsten Kälte hervorbringt, angenehm riecht, kühlend, ziemlich scharf gewürzhaft schmeckt, und sich sehr leicht entzündet; sein specifisches Gewicht ist 0,75. Der Aether bildet sich bei Einwirkung concentrirter Schwefelsäure (auch anderer starker Säuren) auf Weingeist, wobei die Schwefelsäure nicht verändert wird. Er löst sich in zehn Theilen Wasser, und geht Verbindungen mit Phosphor ein (phosphorhaltiger Aether), mit Weingeist (ätherhaltiger Weingeist, Schwefeläther-Weingeist, Hofmännische Tropfen, Hofmanns schmerzstillende Flüssigkeit), mit Chloreisen (chlorhaltiger Aetherweingeist, eisenhaltiger schmerzstillender Liquor, Bestuscheffs Nerventinctur, de Lamotte's Goldtropfen), welche medicinisch angewandt werden.

Aetherisches Oel, flüchtiges Oel, destillirtes Oel kommt theils gebildet in Pflanzentheilen und nur wenig in Thiertheilen vor, theils wird es durch Kunst, gewöhnlich durch trockene Destillation, aus andern organischen Gebilden erzeugt. Die natürlich vorkommenden ätherischen Oele werden meist durch Destillation (nachdem die ölhaltige Substanz mit Wasser übergossen) gewonnen, einige, wie das Citronen- und Bergamottöl durch Auspressen. Sie sind flüchtige aromatische Flüssigkeiten, die den Pflanzen ihren Geruch ertheilen. Alle ätherischen Oele sind bei gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüssig, in der Hitze meistens leicht flüchtig, von durchdringendem Geruch, und sehr entzündlich. Die meisten sind specifisch leichter als Wasser, ziehen aus der Luft Sauerstoff an, und verwandeln sich in schwarze oder braune Harze. In Weingeist sind die meisten sehr leicht löslich, so wie in Naphtha und Aether, in Wasser weniger, doch ertheilen sie ihm ihren Geruch und Geschmack. Natürlich vorkommende ätherische Oele sind (leichte angenehm riechende:) Rosenöl, Rosenholzöl, Salbeiöl, Lavendelöl, Pfeffermünzöl, Bergamottöl, Citronenöl, Cajaputöl u. s. w. (leichte unangenehm riechende:) Baldrianöl, Kümmelöl, Kamillenöl,

Digitized by Google

Terpentinöl u. s. w. (schwere;) Zimmtöl, Nelkenöl, Kirschlorbeeröl. Künstlich erzeugte ätherische Oele sind: Bernsteinöl, Philosophenöl, Steinöl, Knochenöl u. a.

Aggregation (v. d. lat. aggregare, hinzufügen) nennt man jede nur durch Adhäsion zusammengehaltene Verbindung verschiedener Bestandtheile zu einem Ganzen; und das so Zusammengehaltene heißt ein Aggregat. Man bedient sich des Ausdrucks besonders in der Mineralogie z. B. vom Granit, der ein Aggregat von Feldspath, Quarz und Glimmer ist, eben so vom Gneis, Syenit u. a.

Aggregationszustand, Aggregationsform. Indem man sich jeden Körper als zusammengesetzt aus einer Menge einzelner Theile denkt, welche mehr oder weniger dicht aneinander haften, also gleichsam als ein Aggregat solcher Theile, unterscheidet man drei Zustände größerer oder geringerer Dichtigkeit, welche man Aggregationszustände nennt, nämlich den der festen Körper, den der tropfbarflüssigen und den der ausdehnbarflüssigen oder expansiblen. Durch diese Aggregationszustände wird keine innere Verschiedenheit der Körper begründet, denn durch Wärme und Druck kann derselbe Körper aus einem Aggregationszustande in den andern versetzt werden. So verwandelt sich das Eis (welches fest ist) durch Wärme in Wasser (welches tropfbarflüssig), und dieses durch noch größere Wärme in Wasserdunst (welcher ausdehnsamflüssig). Wenn wir überall die erforderlichen Wärme- und Kältegrade hervorzubringen im Stande wären, so würden wir wahrscheinlich jeden Körper unter allen drei Formen darstellen können. Auch durch Druck lassen sich viele Gase in tropfbare Flüssigkeiten verwandeln, Perkins will sogar die atmosphärische Luft in eine tropfbare wasserhelle Flüssigkeit verwandelt haben. (S. d. Art. Abstoßung.)

Akustik (v. d. griechischen Worte ἀκούειν, hören) ist diejenige physikalische Wissenschaft, welche sowohl die Gesetze, nach welchen das Hören geschieht, als auch diejenigen enthält, nach welchen irgend wie Ton, Schall, Klang hervorgebracht wird und nach denen die Töne selbst zu einem angenehm oder unangenehm das Ohr treffenden Ganzen verbunden werden.

Alcaraza, ist ein tönernes schwammiges Gefäß, welches die Spanier von den Mauren erhalten haben; es besteht dasselbe aus einer am Feuer gehärteten Tonart, durch welche ein Theil des darin enthaltenen Wassers ausschwitzt und durch sein Verdunsten an einem schattigen und luftigen Orte (wo durch stetes Hinweggeführtwerden der durchgedrungenen Theile die Verdunstung befördert wird) das Wasser im Gefäß kühl erhält. Die Form des Gefäßes ist ungleich bauchig mit einem engen oben sich wieder erweiternden Halse. Es ist etwa Einen Fuß hoch und seine größte Ausdehnung in der Mitte 0,5 F. Die gewöhnliche Art ist von gelbbrauner Farbe, eine theurere, welche dem Wasser einen angenehmen Geschmack geben soll, von rother.

Alhidade, Alhidadenregal, Absehenlineal heißt ein Lineal, welches bei Winkelinstrumenten um den Mittelpunkt des ein-

Digitized by Google

getheilten Kreises herumbewegt werden kann, mit dem, um die Richtung nach einem bestimmten Punkte zu erhalten, entweder ein Fernrohr oder zwei Absehen, Dioptern, so verbunden sind, daß eine durch beide Dioptern gehende, durch den Gegenstand gezogene Linie auch den Mittelpunkt trifft. Dioptern sind zwei auf der Ebene des Lineals senkrecht aufgerichtete Platten von Messing; in der einen befindet sich eine Oeffnung, in welcher ein Faden oder ein Haar senkrecht angespannt ist (Objectiv-Diopter), in der andern ist ein schmaler Einschnitt oder kleine Löcherchen zum Durchsehen (Ocular-Diopter); durch den Einschnitt in dem letztern sieht man nach dem Punkte, nach dem das Lineal gerichtet werden soll, und stellt das Lineal so, daß der Punkt von dem Haare im Objectiv-Diopter bedeckt erscheint.

Alkali, Laugensalz. Die Alkalien sind Basen von laugenhaftem Geschmacke (mit Ausnahme der organischen). Sie sind im Wasser löslich und stellen die durch Säuren gerötheten blauen Pflanzenfarben wieder her, verwandeln mehrere derselben in Grün, die gelbe Farbe von Gurcuma und Rhabarber in Braun, die rothe Farbe des Fernambucks in Violet, die braungelbe Abkochung von Campechenholz in Roth; sie verbinden sich mit den Säuren und bilden zum Theil in Wasser lösliche farblose Neutralsalze. Bei Einwirkung eines electrischen Stromes auf diese Verbindungen werden die Alkalien am negativen Pole abgeschieden. Sie werden eingetheilt: 1. in reine unorganische Alkalien, welche vorzüglich scharf und ätzend sind, sich leicht mit Wasser und Weingeist verbinden, und mit Kohlensäure im Wasser leicht lösliche Salze bilden; 2. erdige Alkalien oder alkalische Erden, welche die Eigenschaften der Alkalien in minder hohem Grade besitzen und mit Kohlensäure in reinem Wasser fast unlösliche geschmacklose Verbindungen bilden; 3. organische Alkalien oder Alkaloide, welche die obenangeführten Eigenschaften im geringsten Grade besitzen, zum Theil von bittern scharfen, zum Theil ganz ohne Geschmack, im Wasser meist schwer löslich, leichter in Weingeist sind, die Eigenschaften der Säuren nur zum Theil aufheben und in Wasser leicht lösliche Salze bilden.

Almucantharat oder Höhenkreise sind die Parallelkreise, die ihre Pole im Zenith und Nadir haben. Einer derselben ist der Horizont, daher die Ebenen aller dieser Kreise wie die des Horizonts senkrecht auf der Ebene des Meridians stehen. Alle Sterne, die in Einem Almucantharat liegen, sind von gleicher Höhe.

Alumium oder Aluminium ist ein chemisch reiner Stoff, ein graues unschmelzbares Pulver mit metallglänzenden Flittern gemengt, welches zuerst von Davy dargestellt worden und in Verbindung mit Sauerstoff die Alaunerde oder Thonerde giebt. Diese kommt sehr häufig in der Natur vor, fast rein als Korund, Sapphyr, Rubin und Demantspath. Die natürlich vorkommende Alaunerde ist nach dem Diamant der härteste Körper und in spitzen Rhomboedern krystallisirt, die künstlich bereitete ist ein weißes Pulver oder eine mehr oder weniger zusammenhängende harte Masse, welche am Stahl Funken giebt, geschmacklos, im Wasser unlöslich, und nur vor dem Knallgasgebläße schmelzbar ist.

Digitized by Google

Mit Wasser verbindet sich die Alaunerde zu einem Hydrat (Alaunerdehydrat), welches eine leicht zerreibliche weiße Masse ist, und stark an der Zunge anhängt. Mit Säuren bildet die Alaunerde die Alaunerdesalze, welche farblos sind und deren concentrirte Lösungen mit Schwefelsäure und Kali einen kryſtalliniſchen Niederschlag geben, den Alaun. Dieſer, ein Doppelſalz, welches bald aus ſchwefelſaurer Alaunerde und ſchwefelſaurem Ammoniak, bald aus ſchwefelſaurer Alaunerde und ſchwefelſaurem Kali, bald aus ſchwefelſaurer Alaunerde, ſchwefelſaurem Ammoniak und ſchwefelſaurem Kali zugleich, beſteht, ſchießt in Verbindung mit Waſſer in regulären Octaedern, oft mit abgeſtumpften Ecken und Kanten, zuweilen in Würfeln an. Durch Erhitzen dieſer Kryſtalle, wodurch das Waſſer unter Aufſchäumen entweicht, gewinnt man den gebrannten Alaun. Dieſer iſt friſch geglüht geſchmacklos und unlöslich am Waſſer, eine weiße, lockere, ſchwammige Maſſe; durch längeres Liegen an der Luft erhält er Geſchmack und Löslichkeit. Man gewinnt den Alaun im Großen durch Auslaugen des verwitterten Alaunſchiefers, oder indem man Schwefelſäure und Thon in Berührung bringt. Die ſo erhaltene ſchwefelſaure Alaunerdelöſung wird concentrirt und mit ſchwefelſaurem Kali oder Pottaſche verſetzt oder mit gefaultem Harn. Den entſtandenen Niederſchlag, das Alaunmehl, löſt man in dem ſeinen gleichen Gewicht kochenden Waſſers, und läßt die Löſung langſam erkalten. Durch Röſten und Auslaugen der verwitterten Maſſe bereitet man ihn (römiſcher Alaun) aus dem Alaunſtein.

Amalgam heißt jede Verbindung des Queckſilbers mit einem anderen Metalle, auch Verquickung; vorzugsweiſe verſteht man darunter diejenige Verbindung der Metalle mit Queckſilber, welche man auf die Reibzeuge der Electriſirmaſchinen aufträgt, um die Wirkung derſelben zu verſtärken. Anfangs bediente man ſich dazu der Spiegelfolie, einer Verquickung des Queckſilbers mit Zinn, jetzt faſt allgemein des Amalgams, welches Kienmayer als beſonders vortheilhaft bekannt gemacht hat. Es beſteht daſſelbe aus zwei Theilen Queckſilber, Ein Theil Zink und Einen Theil engliſchen Zinn, und wird auf folgende Weiſe (nach Muncke's Angabe) bereitet. Man nimmt gewalzten Zink, ſchmelzt denſelben in einem irdenen Tiegel bei gemäßigtem Feuer, und wirft in die völlig geſchmolzene Maſſe das Zinn, welches gleichfalls bald ſchmelzen wird. Indem dieſe Miſchung leichtflüſſiger iſt, als der Zink allein, ſo iſt es vortheilhaft, das Feuer zu mäßigen, wodurch man das Verkalken der Metalle verhütet. Sollte dieſes aber dennoch ſtatt finden, ſo kann man etwas Unſchlitt in den Tiegel werfen, welches indeß leicht in Flammen geräth, und etwas (im Weſentlichen unſchädlichen) Schmutz zurückläßt. Nachdem man die Maſſe mit einem eiſernen Stabe umgerührt hat, um ſich zu überzeugen, daß dieſelbe geſchmolzen ſei, wird das Queckſilber zugeſetzt. Dieſes kann bei größeren Mengen aus zwei Rückſichten gefährlich werden, einmal indem dieſes ſchwerere, ſchnell zu Boden ſinkende, Metall in Dämpfe verwandelt wird, und die geſchmolzene Maſſe aus dem Tiegel ſchleudert, oder wenn die Erzeugung der Dämpfe ſo ſtark iſt, daß ſie der Geſundheit des Arbeiters nachtheilig wird. Beides läßt ſich indeß leicht

Digitized by Google

vermeiden, wenn man durch Mäßigung des Feuers dafür sorgt, daß die geschmolzene Masse nicht heißer ist, als sie sein muß, um im Zustande der Flüssigkeit zu bleiben, und zugleich berücksichtigt, daß das Ganze durch Zusatz von Quecksilber stets leichtflüssiger wird. Es ist daher durchaus unnöthig, die Hitze so zu vermehren, daß eine der beiden gefährlichen Erscheinungen wirklich eintritt. Der Vorsicht wegen bedecke man indeß den Tiegel mit einer gemeinen Ofenschaufel, schütte auf diese vorerst etwa eine Unze Quecksilber, ziehe die Schaufel zurück und lasse das Quecksilber in den Tiegel laufen, welchen man durch Verschieben der Schaufel sogleich wieder bedeckt, und fahre auf diese Weise in ganz kleinen Zeiträumen und mit zunehmenden Mengen von Quecksilber fort, während das Feuer eher abnimmt, als vermehrt wird. Blos bei den ersten Malen des Zuschüttens hört man ein geringes Sprudeln als Folge der gebildeten Quecksilberdämpfe, welche sich aber sogleich mit der größern Menge des Metalls verbinden. Beträgt die ganze Masse über 6 bis 8 Pfund, so ist es räthlich, nach dem Zugießen von etwa der Hälfte, oder bei sehr großen Mengen, von etwa 15 bis 18 Pfund, nach dem Zugießen des dritten Theils mit dem eisernen Spatel umzurühren, sonst aber kann man auf die angegebene Weise die ganze Quantität des Quecksilbers ohne Unterbrechung in den angegebenen kleinen Portionen hinzuschütten, dann schnell dieses Umrühren verrichten, sogleich den Tiegel abnehmen, und die geschmolzene Masse auf trockene Pflastersteine, etwa der Küche, ausgießen. Wartet man hiermit zu lange, insbesondere bei einem etwas zu starken Feuergrade, so verdampft eine größere Menge Quecksilber, als dem Mischungsverhältnisse zuträglich ist, wovon man sich durch die zahlreichen Kügelchen überzeugt, welche an der eisernen, zur Bedeckung des Tiegels dienenden Schaufel festzusitzen pflegen. Das erkaltete silberweiße Amalgam ist leicht zerbrechlich und muß gepülvert werden. Zu dem Ende zerstößt man die Stücke in einem eisernen Mörser, und die Masse, welche sich zusammenballt und dadurch das Verkleinern hindert, zerschneidet man wiederholt mit einem starken Messer. Die möglichst fein gepulverte Masse wird mit dem Pistill in einer steinernen Reibschale möglichst fein zerrieben und sodann in Zuckergläsern aufbewahrt. Sondern sich nach einiger Zeit kleine Quecksilberkügelchen von der Masse ab, so wird die Verbindung durch nochmaliges Reiben in einer Reibschale wieder hergestellt. — Mayer empfiehlt nach sicheren Erfahrungen ein Amalgam mit einem größeren Antheil von Quecksilber, 3 bis 4 Theile auf 1 Theil Zinn und 1 Theil Zink. — Ein Amalgam aus 2 Gewichtstheilen Zinn, 4 Zink und 7 Quecksilber gibt Singer an. Man erhitzt erst das Quecksilber allein, etwas über 100° C., schüttet es in eine hölzerne Büchse, und setzt nun die vorgeschriebenen Mengen der beiden zuvor in Fluß gebrachten Metalle zu. Darauf verschließt man sofort die Büchse, und schüttelt sie schnell, um eine recht innige Mischung zu bewirken. Ist das Amalgam abgekühlt, so wird es in einem Mörser zu feinem Staube zerstoßen, und dieser Staub mit einer hinreichenden Quantität Schweinefett in Form eines Teiges gebracht. — Ueber das Auftragen des Amalgam's auf das Reibzeug, s. d. Art. Electrisirmaschine.

Digitized by Google

Ameisensäure ist eine organische Säure, die durch Destillation mit Wasser aus den Ameisen gewonnen wird. Sie ist eine wasserhelle tropfbare Flüssigkeit, von saurem Geschmack und Geruch. In Verbindung mit Weingeist und ätherischem Ameisenöl giebt sie den Ameisengeist.

Ammoniak, Ammonium, flüchtiges Alkali, alkalische oder urinöse Luft, ist ein Alkali, welches bei einer Kälte von — 42° R. als eine farblose, sehr bewegliche und äußerst flüchtige Substanz von 0,76 spec. Gewicht erscheint; bei geringer Temperaturerhöhung wird es zu einem farblosen Gase von 0,59 spec. Gewicht (atmosph. Luft = 1. gesetzt). Es ist von urinösem stechenden Geruche und ätzendem Geschmacke, für Thiere schnell tödtlich, nur wenig brennbar und das Verbrennen nicht unterhaltend. Es ist eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff, und kommt an Salzsäure gebunden im Salmiak vor, desgl. im Harn, in der Luft, wo Thiere oder Pflanzen faulen. Wie Essigsäure, Weingeist u. a. verhindert es die Fäulniß. Man gewinnt reines Ammoniak durch Erhitzung eines Gemenges von Salmiak und Kalk in einem pneumatischen Apparate, indem das entwickelte Gas über Quecksilber aufgefangen wird. Durch anhaltendes Electrisiren wird es in seine Bestandtheile, Stickstoff und Wasserstoff zerlegt, ebenso wenn es durch glühende mit Metalldrath gefüllte Röhren geleitet wird. Mit Sauerstoffgas, mit Stickoxydul und Stickoxyd verpufft es durch den electrischen Funken. Ganz eigenthümliche Erscheinungen finden statt, wenn man Ammoniakflüssigkeit oder die Auflösung eines Ammoniaksalzes in Berührung mit Quecksilber am negativen Pole galvanisirt, indem sich dann ein Ammoniumamalgam bildet. Man legt, nach Berzelius Angabe, ein wenig Quecksilber auf den Boden einer offenen gläsernen Schale, und führt darein einen Drath von Eisen oder Platin vom negativen Pol der Säule. Auf dieses Quecksilber wird conc. Aetzammoniakflüssigkeit gegossen, worin ein mit dem positiven Pol verbundener Platindraht so eingesetzt wird, daß er eine Linie vom Quecksilber absteht. Im ersten Augenblicke giebt blos der positive Drath Gas, aber bald fangen Gasblasen sich auch vom Quecksilber zu entwickeln an; dieses schwillt auf, wird allmählig dick wie Butter, erhält eine silberweiße Farbe und wird zu einem 5 bis 6 Mal größern Volumen erweitert. Dieses jetzt nicht mehr flüssige Amalgam verwandelt sich beim Herausnehmen schnell, unter Entwickelung von Wasserstoffgas, in Ammoniak und Quecksilber vom ursprünglichen Volumen. Etwas Ammoniak wird bei Zersetzung des Wassers durch die Voltaische Säule gebildet, wenn das Wasser nicht ganz von atmosphärischem Stickstoffe befreit ist. — Vom Wasser wird das Ammoniakgas bis zum 670fachen Volumen absorbirt, (Wäßriger Ammoniak, Aetzender Salmiakgeist). Mit Säuren bildet das Ammoniak die Ammoniaksalze, diese sind farblos, von stechend salzigem Geschmack, alle in Wasser, zum Theil auch in Weingeist löslich.

Anamorphose (v. d. griech. ἀναμόρφωσις, Umbildung), ist Umgestaltung, welche für das betrachtende Auge Bilder erhalten, wenn sie unter besonderen Bedingungen gesehen werden. Solche Anamorphosen werden

Digitized by Google

hervorgebracht 1. durch den Standpunkt, von dem aus Bilder gesehen werden. Gesetzt, das Auge des Beobachters stehe in A (Fig. 20.) und in BD sei vor demselben ein Bild aufgestellt, zieht man nun von A durch alle Punkte des Bildes BD gerade Linien, und verlängert dieselben, bis sie BC schneiden, so wird dem Auge in A ein Bild, welches in der Art verzeichnet wäre, daß der Punkt L in l, M in m, N in n, O in o fiele, eben so erscheinen, wie das grade vor ihn aufgestellte, richtig gezeichnete Bild BD ihm erschienen ist. Man pflegt auch Bilder (Inschriften u. dgl.) in Streifen zu schneiden, und diese auf mehrere neben einander stehende dreiseitige Prismen aufzukleben, dann sieht man von der einen Seite kommend das eine, von der anderen Seite das andere Bild. Andere Anamorphosen werden 2. durch Cylinderspiegel, Kegelspiegel oder Pyramidenspiegel hervorgebracht. Ein grade vor einem Cylinderspiegel stehender Gegenstand wird in der Richtung, welche mit der Axe des Cylinders zusammenfällt so wie im ebenen Spiegel, dagegen in der darauf senkrechten Richtung verkleinert wie im Kugelspiegel erscheinen. Daher giebt ein vor dem Cylinderspiegel liegendes, in richtigen Verhältnissen gezeichnetes Bild ein ganz verzerrtes Spiegelbild, und will man im Cylinderspiegel ein richtig gezeichnetes Bild erhalten, so muß man vor denselben ein nach bestimmten Regeln verzerrt gezeichnetes Bild legen. Ganz eben so verhält es sich mit Kegelspiegeln und Pyramidenspiegeln, nur daß für jeden dieser Spiegel die Regeln, nach denen die Verzerrungen in der Zeichnung gemacht werden müssen, andere sind. Ein Instrument zu Anfertigung derartiger Zeichnungen ist von Leupold erfunden worden. Die 3. Art von Anamorphosen sind die, welche durch ein vieleckig geschliffenes Glas gesehen werden. Durch solch ein Glas erblickt man weit von einander liegende Theile einer Tafel zusammengerückt. Die Theile einer Zeichnung müssen also auf der Tafel zerstreut werden, damit dieselben durch das Glas in der gehörigen Zusammensetzung erscheinen.

Anomalie (v. d. griech. ἀνομαλία, Ungleichförmigkeit). Wenn man (Fig. 21.) an den wahren Ort M eines Planeten (der sich in einer Ellipse PMBAD um die Sonne herumbewegt) von dem Mittelpunkte der Sonne S eine gerade Linie SM zieht, so heißt diese der Radius Vector des Planeten, und der Winkel MSP, welchen der Radius Vector mit der Axe (Apsidenlinie) AP, vom Perihelium P an gerechnet, macht, heißt die wahre Anomalie des Planeten. Es heißt dieser Winkel aber eine Anomalie (d. i. Ungleichförmigkeit), weil von demselben die Ungleichförmigkeit der Bewegung des Planeten abhängt. — Der Winkel PSn, welchen der Planet von seinem Durchgange durchs Perihelium an beschrieben haben würde, wenn er sich so um die Sonne bewegte, daß der Winkel, den eine Linie von ihm nach dem Mittelpunkte der Sonne gezogen mit der Apsidenlinie macht, gleichförmig wüchse, — heißt die mittlere Anomalie, und der Unterschied der wahren und mittleren Anomalie, NSe heißt die Gleichung des Mittelpunktes. — Der um die große Axe der Ellipse als Durchmesser gezogene Kreis PmAd heißt der excentrische

Kreis. Fällt man nun von dem wahren Orte des Sternes, von M, eine Senkrechte MQ auf die Axe PA und verlängert dieselbe, bis sie den excentrischen Kreis schneidet, in m, so heißt der Winkel mCP, welchen der Radius Cm mit der Axe PA vom Perihelium an gerechnet, macht: die excentrische Anomalie. Ehemals rechnete man die Anomalien vom Aphelium A an, jetzt zählt man dieselben vom Perihelium P an in einem fort bis auf 360 Gr.

Anwandlungen des leichteren Durchganges und der leichteren Zurückwerfung, nennt Newton die verschiedene Disposition (Geneigtheit, Fähigkeit) zurückgeworfen zu werden oder durchzugehen, welche das Licht beim Eintritt in ein Mittel erlangen soll. Diese Disposition wächst mit der Tiefe, in welche ein Lichttheilchen eingedrungen ist bis zu einer bestimmten Größe, nach welcher sie beim weiteren Eindringen in das Mittel wieder abnimmt, ganz aufhört und dann in die entgegengesetzte Disposition übergeht. Diese wächst wieder bis zu einer bestimmten Grenze, nimmt sodann wieder ab und geht abermals in die erste über. Hierbei sollen nicht alle Lichttheilchen, welche einen Strahl bilden, sich zugleich in derselben Disposition befinden. Der Raum, welchen ein Lichttheilchen zwischen der einen Disposition bis zur nächsten gleichartigen durchläuft, heißt: der Zwischenraum (Intervall) der Anwandlungen, deren Hälfte die Länge einer Anwandlung ist. Die Erscheinung, welche Newton (nach ihm haben sich besonders W. Herschel und Biot mit den Anwandlungen beschäftigt,) zunächst auf den Gedanken an derartige Anwandlungen brachte und die er damit erklären will, ist folgende. Wenn man ein nach einem sehr großen Halbmesser geschliffenes Linsenglas auf ein ebenes Glas legt (Newton's Farbenglas), so erscheinen um den Punkt, in welchem sich die beiden Gläser berühren, Farbenringe (Newton's Farbenringe). Sind die beiden Gläser nur schwach an einander gedrückt, so erscheint irgend eine Farbe im Berührungspunkt, um welche sich andere Farbenringe reihen, erhöht man den Druck, so tritt die Farbe des Mittelpunkts aus diesem heraus, eine andere Farbe nimmt ihren Platz ein, und sie selbst wird zu einem Ringe, dieß erfolgt so lange, bis die Berührung der Gläser so innig als möglich geworden, dann wird der Mittelpunkt schwarz und die Ringe folgen sich stets in folgender Ordnung in mehreren Farbenreihen: 1. Reihe: Schwarz, blau, weiß, gelb, orange, roth. 2. Reihe: Violett, indigoblau, blau, grün, gelb, orange, hellroth, scharlachroth. 3. Reihe: Purpurroth, indigoblau, blau, grün, roth, bläulichroth. 4. Reihe: Bläulichgrün, grün, roth. 5. Reihe: Grünlichblau, blaßroth. 6. Reihe: Grünlichblau, röthlichweiß. 7. Reihe: Grünlichblau, schwach röthlichweiß. Im durchgegangenen Lichte bemerkt man ebenfalls Farben, wenn auch minder deutlich, und zwar ist der Mittelpunkt hier weiß, und dann folgen sich die Farbenringe so, daß jeder diejenige Farbe hat, welche die des entsprechenden Farbenringes im zurückgeworfenen Lichte zu weiß ergänzt. Die Reihenfolge der Farben ist stets dieselbe, das Mittel zwischen beiden Gläsern mag atmosphärische Luft, oder verdünnte Luft, oder irgend eine Flüssigkeit sein, nur die Breite der Farbenringe

Digitized by Google

ändert sich, so wie deren Lebhaftigkeit. Die Größe eines Ringes von bestimmter Farbe nimmt zu, wenn man ihn schief ansieht, die Gläser scharf aneinander drückt, oder das Brechungsvermögen der zwischen den Gläsern enthaltenen Flüssigkeit vermindert. Mit der größten Genauigkeit maß Newton die Durchmesser dieser Ringe bei verschiedenen Einfallswinkeln des Lichtes und bei verschiedenen Flüssigkeiten, und fand: daß, unter übrigens gleichen Umständen, der Durchmesser eines Ringes in demselben Verhältniß kleiner werde, in dem das Brechungsvermögen der Flüssigkeit zunimmt. Ganz analoge Erscheinungen sieht man an jeder Seifenblase, und zwar am deutlichsten, wenn man sich so stellt, daß die Blasen vor einem dunklen Hintergrunde erscheinen, und das Licht weißer Wolken von ihnen zurückgeworfen wird. Hier bilden sich die Farbenringe so, daß sie vom Gipfel ausgehen, von dem herab die Flüssigkeit sich ergießt. Die Masse der Flüssigkeit einer Seifenblase hat eine ähnliche Form, wie die Luftschicht zwischen dem converen und dem ebenen Glase im vorerwähnten Versuche, indem sie, am Gipfel am dünnsten, nach unten immermehr an Dicke zunimmt; zuletzt wird der Gipfel der Blase ganz dünn, schwarz, und gleich darauf zerspringt die Blase. Die Reihe der Farbenringe in der Seifenblase ist genau dieselbe, welche bei den zwei auf einander gelegten Gläsern beobachtet wird, und auch hier ergänzen sich die Farbenringe des durchgegangenen und des zurückgeworfenen Lichtes der Reihe nach zu weiß. Um den Grund dieser merkwürdigen Erscheinung zu erforschen, ließ Newton auf das Farbenglas gleichartiges Licht fallen. Auch hier zeigten sich Ringe, aber einfarbige und zwar von der Farbe, welche dem darauf geworfenen Strahl eigen war. Die Ringe waren durch dunkle Zwischenräume getrennt, welche um so kleiner wurden, je weiter sich die Ringe vom Mittelpunkte entfernten. Dieß war der Fall beim durchgehenden Lichte sowohl, als beim zurückgeworfenen, aber so, daß auf jeden Farbenring im durchgehenden Lichte ein dunkler Ring im zurückgeworfenen, und umgekehrt, kam; und zwar entsprach der hellste Ring im durchgelassenen Lichte dem dunkelsten im zurückgeworfenen Lichte. Dabei war der Durchmesser eines Ringes bei dem einen Lichte, um so kleiner als der Durchmesser des ebensovielten Ringes bei einem anderen Lichte, je größer die Brechbarkeit des ersten Lichtes im Verhältniß zu der des zweiten war, so daß also z. B. der vierte Ring im rothen Lichte größer, als der vierte im gelben oder grünen war. In jedem Strahle waren die Ringe am kleinsten, wenn das Licht senkrecht durch die Luftschicht ging, und wurden um so größer, je schiefer der Strahl einfiel. Jeder einzelne Ring hatte eine meßbare Breite, die Lichtstärke war aber in der Mitte des Ringes am stärksten, und verlor sich von da aus nach den Rändern desselben. Bei jeder Lichtgattung nahmen die Quadrate der Halbmesser der reflectirten Farbenringe, vom hellsten Punkte an gerechnet, zu, wie die ungeraden Zahlen: 1, 3, 5, 7 ...., während die Quadrate der Halbmesser der dunklen Zwischenräume wie die Zahlen der geraden Zahlen: 2, 4, 6, 8 .... wuchsen. Aus diesen Beobachtungen bei einfarbigem Lichte lassen sich nun die Farbenringe, welche bei weißem Lichte entstehen, erklären. Indem dieß

Digitized by Google

nämlich Theile von verschiedener Brechbarkeit enthält, so giebt jeder dieser Theile eine eigene Reihe von (gleichgefärbten) Ringen, die für jeden dieser Theile in andern Zwischenräumen abstehen (je nach der Brechbarkeit des Theiles, der sie erzeugt). So fallen verschiedene gefärbte Ringe auf einander, welche zusammen die oben angeführten Farbenreihen geben. — Jenen Farbenringen entsprechen Farbenstreifen, welche entstehen, wenn man ein Glas mit einer cylindrisch geschliffenen Seite auf ein ebenes Glas legt. — Dieselbe Ursache, welche bei den erwähnten Versuchen die Farbenerscheinungen hervorbringt, und die Newton Anwandlung nennt, bringt die Farbenerscheinungen hervor, welche wir überall gewahren, wo Licht auf ein dünnes Mittel fällt; so bei dünnblättrigen Krystallen, bei Körpern, die feine Sprünge haben (wo das Mittel die Luftschichten in den Sprüngen sind), beim Schaum aller Flüssigkeiten (wo sich in Kleinen die erwähnte Erscheinung an Seifenblasen wiederholt). Ein sehr schönes Farbenspiel kann man beobachten, wenn man ein Gefäß mit reinem Wasser so stellt, daß sich der helle Himmel darin spiegelt, und dann einen kleinen Tropfen Terpentinöl, oder anderes Oel, das sich leicht auf dem Wasser ausbreitet, auf das Wasser bringt. Der Tropfen verbreitet sich unter den schönsten Farbenerscheinungen über die Oberfläche des Wassers. — Vergl. d. Art. Licht.

Anziehung, Attraction (v. d. lat. attrahere, anziehen). Es kommen in der Natur eine Menge von Erscheinungen vor, bei denen offenbar Anziehung stattfindet, und welche wir nicht anders erklären können, als durch Annahme einer in ihnen sich äußernden Anziehungskraft. Solche Erscheinungen sind die der Attraction und Cohäsion, der Haarröhrchenanziehung, der Schwere und Gravitation, der chemischen Verwandtschaft, endlich die an electrischen und magnetischen Körpern. Um alle diese verschiedenartigen Erscheinungen unter Einen Gesichtspunkt fassen zu können, sind viele Naturforscher geneigt, eine allgemeine Anziehungskraft, welche aller Materie eigenthümlich, derselben zu ihrem Bestehen nothwendig sei, anzunehmen. In diesem Sinne sprach Imanuel Kant von einer Ziehkraft, welcher er eine Dehnkraft (s. d. Art. Abstoßung) entgegensetzte. — Seit Newton nimmt man schon eine aller Materie eigenthümliche Anziehungskraft an, aber das von Newton bewiesenen Gesetz derselben, erklärt zwar die Erscheinungen der Schwere und der Gravitation (s. d. Art.), nicht jedoch die der Cohäsion und Adhäsion, noch weniger die der chemischen Verwandtschaft und die bei electrischen und magnetischen Körpern. Newtons allgemeines Gesetz der Anziehung ist, daß sich dieselbe gerade verhalte wie die Massen, und umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung. Indeß sah Newton selbst ein, daß durch Annahme jener Anziehungskraft und des Gesetzes, nachdem sie wirke, keinesweges die physische Ursache der Erscheinungen gefunden sei, sondern nur eine Erfahrung ausgesprochen werde. Wie indeß die Erscheinung selbst bei aller Materie vorkomme, sieht man am deutlichsten aus der Massenanziehung. Schon Newton behauptete, daß ein

Digitized by Google

Berg, welcher drei engl. Meilen hoch und sechs Meilen breit wäre, ein an seinem Fuße hängendes Loth um 1′ 18″ von der senkrechten Linie abziehen müsse. Man hat später untersucht, ob solch eine Ablenkung des Lothes wirklich stattfinde, und sie in der That gefunden. Die Untersuchung wird in folgender Art angestellt. Gesetzt Fig. 22. stelle die Erde und B einen Berg auf ihr vor, der Stern S befinde sich im Zenith des Beobachters in A, so muß, findet keine Ablenkung des Lothes durch die Masse des Berges statt, die Richtung des Lothes in die gerade Linie SC fallen, und gleichfalls ist S′ ein Stern im Zenith des Beobachters in E, so muß das Loth, wenn der Berg keine Ablenkung bewirkt, in die Linie S′C fallen. Zieht hingegen der Berg das Loth an, so muß die Richtung desselben auf der Seite von A nach B abweichen und SC schneiden, und eben so auf der Seite E nach B abweichen und S′C schneiden. Aus den Winkeln, in denen sich diese Linien schneiden, läßt sich die Kraft, mit welcher die Bergmasse das Loth ablenkt, bestimmen. Maskelyne und Hutton stellten in den Jahren 1774 bis 1776 zu beiden Seiten des Berges Shehallien (gälisch Thichallin) in Pertshire an der schottischen Grenze Beobachtungen an, aus denen sich ergab, daß die Anziehungskraft eines Berges von 500′ Höhe 5″,83 betrage. Zach hat ähnliche Beobachtungen angestellt an dem Berge Mimet hinter Marseille, der 300′ hoch ist, und hat eine Ablenkung des Lothes von 1″,98 gefunden. Auch das von Maskelyne gefundene Resultat berichtigte derselbe auf 5″,816. Um auch die Anziehungskraft kleiner Massen zu beobachten, hat Cavendish die Drehwage benutzt (s. d. A.). Er hing an eine sehr empfindliche Drehwage, welche aus einem 6 F. langen Arme an einem 40 F. langen dünnen Drahte bestand, Bleikugeln von 2 Z. Durchmesser auf, und bemerkte, als er denselben in einem gegen den Luftzug gesicherten Kasten eine Bleimasse von 8 Z. Durchmesser näherte, eine Anziehung beider Massen.

Auch bei den nichtwägbaren Stoffen bemerkt man eine Art von Anziehung durch wägbare Stoffe, dahin gehört: das Festgehaltenwerden der Wärme, die Erscheinungen bei Lichtsaugern, die Atmosphären der electrischen und magnetischen Körper. Biot meint in der Anziehung, als Eigenthümlichkeit der Materie, einen Zeugen für die Materialität auch dieser Stoffe zu finden.

Im Allgemeinen können wir mit Parrot unterscheiden: Anziehung in der Entfernung, als Ursache der Schwere und Gravitation; Anziehung in der Berührung, als Ursache (der Haarröhrchenanziehung,) der Cohäsion und Adhäsion (doch soll nach Einigen bei dieser auch Anziehung in die Ferne stattfinden, s. d. Art. Adhäsion); Anziehung, die bei chemischer Verwandtschaft stattfindet. Hierzu käme noch: Anziehung der magnetischen und der electrischen Körper. (S. d. Art.)

Apparat (v. d. lat. apparare, rüsten), nennt man jedes Rüstzeug, Werkzeug oder Instrument, dessen man sich zu Anstellung von Versuchen und Beobachtungen bedient.

Apsiden (v. d. griech. ἁψίς, Verbindung) sind die beiden Punkte

Digitized by Google

in der Bahn eines jeden Planeten, in deren einem der Planet der Sonne am nächsten ist, während er ihr im anderen am fernsten ist. Wenn (Fig. 23.) PBAD die Planetenbahn ist, und S der Mittelpunkt der Sonne, so sind P und A die Apsiden. Die gerade Linie PA, welche die Apsiden mit einander verbindet, und die zugleich die große Axe der Ellipse PBAD (der Planetenbahn) ist, heißt die Apsidenlinie. Sie geht sowohl durch den Mittelpunkt der Bahn (C), als auch durch die Brennpunkte derselben, in deren einem (S) die Sonne steht. Ihre Lage ändert sich durch Einwirkung der anderen Planeten bei allen Planetenbahnen.

Arsenik (a. d. griech.), Fliegengift, Scherbenkobalt wurde zuerst 1694 von Schröder und 1733 von Brandt rein dargestellt. Es ist sehr spröde und leicht pulverisirbar, licht bleigrau, von starkem Metallglanze und blättrigem Gefüge, und krystallisirt in quadratischen Octaedern und Tetraedern. Sein specifisches Gewicht ist nach Berzelius 5,70; es verdampft vor dem Schmelzen bei 144° R. und ist ein sehr starkes Gift. Gewöhnlich rechnet man dasselbe zu den Metallen, es unterscheidet sich aber von denselben wesentlich durch die Eigenschaft, daß es (wie Schwefel und Phosphor) bei gewöhnlichem Luftdruck und Temperatur permanent gasförmige Verbindungen bildet, und dadurch, daß es ein Nichtleiter der Electricität ist. Daher rechnet es Geiger (Handb. d. Pharm. 1832) zu den nichtmetallischen Stoffen. Das Arsenik kommt gediegen vor, als arsenichte Säure, mit Schwefel versetzt und in vielen anderen Erzen. Im Großen wird es durch Glühen aus Arsenikkies gewonnen, im Kleinen durch Reduction der arsenichten Säure. An der Luft oxydirt das Arsenik bei gewöhnlicher Temperatur, indem es sich mit einem schwarzen Pulver überzieht, nach Berzelius einem Suboxyd. — Die arsenichte Säure (Weißer Arsenik, Giftmehl, Hüttenrauch, Arsenikblumen) ist schon seit dem 11. Jahrhundert bekannt und kommt natürlich als Arsenikblüthe vor. Man hat die arsenichte Säure entweder als ein zartes weißes Pulver (Giftmehl), oder als eine geschmolzene glasartige Masse, die anfangs ganz durchsichtig ist, später aber porzellanartig wird. Bei langsamen Sublimiren krystallisirt die ars. Säure in durchsichtigen Nadeln, regelmäßigen Octaedern und Tetraedern; sie hat ein specifisches Gewicht von 3,69 bis 3,73, ist ein sehr starkes Gift, und verflüchtigt sich früher als Arsenik in weißen geruchlosen Dämpfen. In der Hitze wird sie durch Kohle reducirt, daher sie auf Kohle geworfen knoblauchartig riechende Dämpfe entwickelt, welches der eigenthümliche Geruch des Arseniks ist. Die arsenichte Säure wird im Großen durch Rösten arsenikhaltiger Erze in Oefen gewonnen, die mit langen gekrümmten Rauchfängen, sogenannten Giftfängen versehen sind, in denen sich die arsenichte Säure anlegt, die glasförmige unten, die pulverige oben. Sowohl in Wasser als in Weingeist ist sie schwer löslich. Man bedient sich der arsenichten Säure als Heilmittel, zur Glasbereitung, zur Färberei, zu Herstellung verschiedener Farben, zum Vergiften schädlicher Thiere (als Rattengift und Fliegengift). — Die Arsenikſäure ist eine weiße, feste Masse, welche in schwacher Rothglühhitze schmilzt

ohne ſich zu verflüchtigen, nach dem Schmelzen durchſichtig wird, und leicht löslich in Waſſer iſt. — Unter den vielen anderen Verbindungen, welche der Arſenik eingeht, erwähnen wir nur noch des Schwefelarſeniks. Mit 16 Theilen Schwefel verbinden ſich 38 Theile Arſenik zu rothen, mit 24 Theilen Schwefel zu gelben Schwefelarſenik. Der rothe Schwefelarſenik (Rubinſchwefel, Arſenikrubin, Sandarach, Realgar) kommt natürlich vor in ſchiefen rhombiſchen Säulen. Der künſtliche iſt eine feſte Maſſe von rubinrother oder rothbrauner Farbe, muſchlichem Bruch, und gibt ein pommeranzengelbes Pulver. — Der gelbe Schwefelarſenik (Rauſchgelb, Operment) kommt ebenfalls natürlich vor. Der künſtliche iſt eine feſte Maſſe von citronengelber oder orangegelber Farbe; der feinſte gelbe heißt Königsgelb. Auch der Schwefelarſenik iſt giftig, wiewohl weniger als der reine Arſenik und ſeine Verbindungen mit Sauerſtoff.

Aſpecten (v. d. lat. aspectus, Anblick) ſind merkwürdige Zuſammenſtellungen (Conſtellationen) der ſich bewegenden Weltkörper gegen einander. Aus ihnen wollten die Aſtrologen vorzugsweiſe ihre Vorherſagungen ſchöpfen. Mit der Sterndeutekunſt iſt aber auch ihr Anſehen geſunken. Jetzt werden nur noch einige wenige, welche in wiſſenſchaftlicher Hinſicht von Bedeutung ſind, beachtet, namentlich die Zuſammenkunft, der Gegenſchein, der Gedrittſchein, der Gevierтſchein, der Sextilſchein (ſ. d. Art.).

Aſtrologie (v. d. griech. ἀστήρ, Stern, und λέγειν, ſagen), Sterndeutekunſt iſt die Kunſt, aus den Sternen die Zukunft, namentlich die Schickſale der Menſchen, vorherzuſagen. Sie hat ihren Grund wohl in der Betrachtung, daß derſelbe allweiſe Gott, welcher den Geſtirnen ihre Bahnen von Ewigkeit angewieſen, auch die Schickſale der Menſchen voraus beſtimmt habe, und daß die ganze Schöpfung nur um der Menſchen willen vorhanden ſei. Wenn der Menſch die göttliche Weisheit in ihrer ganzen Fülle begreifen und ſich zu eigen machen könnte, ſo würde er auch die ewige Ordnung der Schöpfung und ſeine eigene Zukunft enthüllen können; ſo lange er aber dieß nicht kann, (und er kann es nie, weil er dann Menſch zu ſein aufhören müßte), iſt alle Sterndeuterei eine Betrügerei oder Selbſttäuſchung, eine freche Sünde gegen das Gebot: du ſollſt den Namen Gottes nicht unnützlich führen. — Ihren Urſprung hat die Aſtrologie bei den Chaldäern genommen, daher auch im Alterthume die Sterndeuter Chaldäer (ſpäter Mathematiker) genannt wurden. Dieſe waren vermuthlich die erſten, welche ſich mit Betrachtung des Himmels und ſeiner Geſtirne abgaben und bei denen auch die wahre Wiſſenſchaft der Aſtronomie ihren Urſprung nahm. Sie wollten von den erlangten Kenntniſſen eine höhere Anwendung machen, als dem Menſchen ſeiner Natur nach vergönnt iſt. Zur Zeit des römiſchen Kaiſerreiches trieben dieſe Chaldäer oder Mathematiker ſo großen Unfug, daß ſie der Kaiſer Tiberius aus Rom vertrieb. Indeß hat die Sterndeutekunſt noch bis ins ſiebzehnte Jahrhundert Anhänger gefunden, namentlich bei ſolchen, die ſich für berufen hielten, durch großartige Handlungen die Verhältniſſe der Menſchenwelt umzugeſtalten; wie man denn von Wallenſtein erzählt, daß bei ihm

Digitized by Google

die Astrologen in großem Ansehen gestanden hätten. Vernünftige, leidenschaftslose und religiöse Menschen haben von jeher keine Achtung vor einer Kunst gehabt, die so offenbar über die Grenzen menschlicher Geisteskraft hinausgehen zu wollen sich anmaßte. In jetziger Zeit ist es eine der guten Früchte, welche die Aufklärung getragen, daß die Astrologie gänzlich in Nichtachtung gesunken ist, und Sterndeuter und Betrüger für gleichbedeutend gehalten wird. Zwar hat J. W. Pfaff 1816 eine Astrologie und 1821 ein anderes Buch astrologischen Inhaltes herausgegeben, beide sind aber bis jetzt gänzlich unbeachtet geblieben.

Astronomie (v. d. griech. ἀστήρ, Stern, und νόμος, Gesetz) Sternkunde, Himmelskunde ist die Wissenschaft von den Weltkörpern und den Gesetzen, nach welchen sich dieselben bewegen. Sie ist diejenige Wissenschaft, in welcher sich der menschliche Scharfsinn auf die glänzendste Weise gezeigt hat. Es giebt keine Erscheinungen in der Natur, welche nicht durch die unabänderlichsten Gesetze hervorgebracht sind, aber bis jetzt hat man diese Gesetze noch in keiner Naturwissenschaft so in der That mit durchaus mathematischer Genauigkeit und Sicherheit erkannt, wie in der Astronomie. Sie ist aber auch die älteste unter den Naturwissenschaften. Als ihre Erfinder nennen die Griechen und Römer die Chaldäer, ein Volk, welches die Gegend bei den Mündungen des Euphrat und Tigris bewohnte, und welches durch die heitern sternenhellen Nächte, welche dort gewöhnlich sind, sowie durch die physische Beschaffenheit seines Vaterlandes selbst aufgefordert wurde, die Sterne und dadurch die regelmäßig wiederkehrenden Wechsel der Monde und Jahreszeiten kennen zu lernen. Später wurden die Chaldäer das Priestergeschlecht der Babylonier und verwahrten als solches die gewonnenen Naturkenntnisse als heiliges Geheimniß und als Privatbesitz ihres Stammes. Sie rühmten sich Beobachtungen schon seit 1900 J. vor Alexander zu besitzen. Wie sie indeß ihre Kenntnisse auch zu Priestertrug benutzten, namentlich die Astronomie als Astrologie für eine Wahrsagekunst ausgaben, darüber s. d. Art. Astrologie. — Wir haben übrigens Spuren noch älterer astronomischer Kenntnisse, als die bei den Chaldäern. In Chinesischen Urkunden findet sich z. B. die Beobachtung einer merkwürdigen Zusammenkunft (des Saturn, Jupiter, Mars, Merkur, Mond), welche nach den von Montucla angegebenen Berechnungen 2460 Jahre v. Chr. Geb. stattgefunden haben soll, und einer Sonnenfinsterniß im Jahre 2155 v. Chr. Geb. Auch die Indier und Aegypter haben schon in frühester Zeit astronomische Kenntnisse besessen. Von dem ersten dieser beiden Völker giebt es astronomische Tafeln, welche sich auf die Beobachtung einer allgemeinen Conjunction aller älteren Planeten gründen, die im Jahre 3102 v. Chr. Geb. stattgefunden haben soll. Zwar ist es wahrscheinlich gemacht worden, daß jene Tafeln nicht durch gleichzeitige Beobachtungen, sondern erst in späterer Zeit durch Rückrechnung entstanden sind, indem unsere heutigen Tafeln jener allgemeinen Conjunction der Planeten im J. 3102 widersprechen; doch bleibt es ausgemacht, daß die Beobachtung der Gestirne schon in den ältesten Zeiten heilige Pflicht der Priesterkasse der Indier war. Von dem Alter astronomischer Kenntnisse in Aegyp-

Digitized

ten zeugt die richtige Zeitmessung, welche sie schon in frühen Zeiten hatten. — Das Volk jedoch, von welchem aus die Astronomie sich im Laufe der Zeit bis zu ihrer jetzigen Gestalt ausgebildet hat, sind die Griechen. Die griechischen Astronomen, als deren erster Thales (geb. 632 v. Chr. Geb.), welcher Sonnen- und Mondfinsternisse zu berechnen verstand, zu nennen ist, geben sich selbst als Schüler der Aegypter; was sie aber auch von diesen empfangen haben mögen, sie haben es zu ihrem selbstständigen Eigenthume gemacht, und sich nicht mit blindem Glauben an alte Ueberlieferungen begnügt. Wunderbares wird von der Weisheit des Pythagoras (geb. 584 v. Chr. Geb.) erzählt; er soll die Bewegung der Erde gelehrt haben, und vieles andere, was sich später bestätigt hat; aber von seinen Zeitgenossen nur theilweise, von den meisten späteren, die jetzt lebenden nicht ausgenommen, fast gar nicht verstanden, hat er wenig zur Förderung astronomischer Wissenschaft beigetragen. Meton (433 v. Chr. Geb.), Kalippus (331 v. Chr. Geb.) verbesserten die griechische Zeitmessung. Neuen Aufschwung nahm die Wissenschaft unter der Herrschaft der Ptolemäer in Aegypten. Aristarch (281 v. Chr. Geb.) lehrte, daß sich die Erde um die Sonne bewege, weil aber der Durchmesser der Erde im Verhältniß zu den Fixsternen eine verschwind kleine Größe sei, bemerke man keine (Parallaxe) Veränderung der Stellung der Fixsterne gegen die Erde. Eratosthenes (um 420 v. Chr. Geb.), sein berühmter Schüler, unternahm es die Größe der Erde zu bestimmen. Noch verdienter machte sich Hipparch (geb. 160, gest. 125 v. Chr. Geb.) durch die Anzahl und Genauigkeit seiner Untersuchungen. Systematisch geordnet ward die Wissenschaft zuerst durch Ptolemäus (geb. 70 n. Chr. Geb.), der aber auch der letzte griechische Astronom von Bedeutung war. Sein wichtiges systematisches Werk *Μεγάλη Σύνταξις* (Weltordnung) in 13 Büchern ist Jahrhunderte das Hauptlehrbuch der Astronomie gewesen, namentlich bei den Arabern, welche es Almagest nannten. Während in der christlichen Welt die Astronomie in Vergessenheit gerieth, beschäftigten sich die Araber mit astronomischen Forschungen nach Anleitung des Ptolemäus. Der Sinn für Astronomie wurde besonders von mehreren wissenschaftlich gebildeten Kalifen (Al-Mansur 753—775, Al-Raschid 786—808, besonders Al-Mamun 813—833) gefördert. Die Araber erhielten die Wissenschaft, wenn sie dieselben auch nur um weniges erweiterten; die Menge arabischer Worte, deren wir uns noch jetzt in der Astronomie bedienen, zeigt, daß wir aus ihren Händen dieselbe erst wieder erhalten haben. — Alphons X., König von Kastilien mit dem Beinamen der Astronom, war der erste christliche Herrscher, welcher die Astronomie thätig beförderte. Auf seinen Befehl und seine Kosten erschienen (1252) die Alphonsinischen Tafeln. Purbach (1421—1461) und Müller (1436—1476), von seiner Vaterstadt Königsberg Regiomontanus benannt, beide Deutsche, sind als die ersten christlichen Astronomen zu nennen. Berühmter als sie ist Nikolaus Kopernikus (geb. zu Thorn 1473, gest. 1543). Er war es, der die Bewegung der Erde nicht nur, wie einige der Alten, behauptete,

Digitized by Google

sondern durch klare Gründe dieselbe erwies. Nicht minder verdient um die Astronomie ist Kopernikus großer Gegner, der Däne Tycho de Brahe (geb. 1546, gest. 1601) durch, bisher unerhörte, Genauigkeit bei den Beobachtungen. Galiläi aus Pisa (geb. 1564, gest. 1642) vertheidigte des Kopernikus Lehre. Zwar zwang ihn die römische Kirche, welche meinte, daß die Lehre von der Bewegung der Erde gegen die christliche Lehre sei, jene abzuschwören, aber die Wahrheit konnte doch nicht unterdrückt werden. Für die ganze fernere Ausbildung der Astronomie machte sich Galiläi dadurch verdient, daß er zuerst den Gebrauch des Fernrohres in die Astronomie einführte, und die Entdeckung der Gesetze des Falles machte. Sein Todestag war der Geburtstag des weltberühmten Newton. Ehe wir aber von diesem sprechen, haben wir noch des größten deutschen Astronomens Johann Keppler's (geb. 1517, gest. 1630) zu erwähnen. Er benutzte die trefflichen Untersuchungen Tycho de Brahe's, und stellte selbst die genauesten Beobachtungen an; durch seine Gesetze des Planetenlaufes arbeitete er Isaak Newton (geb. 1642, gest. 1727) vor, der sich durch mathematische Begründung dieser Gesetze unsterblichen Ruhm erwarb. Newton, gleich groß als Physiker und Mathematiker, wie als Astronom hat durch seine Entdeckungen (niedergelegt in seinem Werke: Philosophiae naturalis principia mathematica), die er in jeder der drei Wissenschaften gemacht hat, in jeder derselben eine neue Epoche begründet. Alles was sich aus dem Grundgesetze der Gravitation *) herleiten läßt, hat Laplace in seiner 1799 erschienenen Mécanique céleste vollständig entwickelt. Neue Verdienste erwarb sich Gauß durch seine berühmte theoria motus corporum coelestium. Durch genaue Beobachtungen und scharfsinnige Benutzungen derselben machten sich seit Newton berühmt: Bradley (geb. 1692, gest. 1762) **), Tobias Mayer (geb. 1723, gest. 1762), Lalande (geb. 1732, gest. 1807), Wilhelm Herschel (geboren 1738), Zach (geb. 1754), Olbers (geb. 1758), Bessel (geb. 1784). 1781 entdeckte W. Herschel den Planeten Uranus und dessen Monde, 1801 Piazzi die Ceres, 1803 Olbers die Pallas und 1807 die Vesta, 1804 Hardings die Juno. Halley, Olbers und Encke haben die Umlaufszeiten dreier Kometen genau berechnet. Durch die Bemühungen so ausgezeichneter Männer hat die Astronomie eine Höhe erreicht, wie sonst fast keine Wissenschaft, indem sie ganz auf mathematischer Begründung beruht. Aber nicht blos dem Mathematiker von Fach ist dieselbe erreichbar, sondern vorzüglich Brandes, Fries und Littrow haben sich das Verdienst erworben, in ihren populären Schriften über Astronomie dieselbe dem ganzen gebildeten Publikum zugänglich gemacht zu haben.

Die Astronomie setzt eine genaue Kenntniß der Gestirne, wie sie sich dem Auge darbieten, voraus. Die Sterne haben, um von einander

*) S. Gravitation.

**) S. Aberration des Lichtes.

leicht unterschieden werden zu können, zum Theil eigene Namen erhalten, und alle am Himmel erscheinenden Sterne hat man in Gruppen (Sternbilder) gesondert, die bestimmte, zum Theil aus den ältesten Zeiten stammende, Namen haben. Die Kenntniß dieser Namen und die Auffindung der einzelnen Sternbilder und Sterne am Himmel lehrt die Astrognosie (v. d. griech. Wörtern ἀστήρ, Stern und γνῶσις, Kenntniß, also) Sternkenntniß. Als Hilfsmittel zu Erlangung dieser Kenntniß dienen Sterncharten und Himmelskugeln. Die letzteren gewähren leichter eine Vorstellung vom ganzen Himmel, die ersteren sind dagegen mehr geeignet, sich nach ihnen am Himmel selbst zu orientiren, weil man sich bei den Himmelskugeln in den Mittelpunkt derselben hineinversetzt denken muß, um die Sterne so zu sehen, wie sie uns wirklich am Himmel erscheinen. Am anerkannt besten lehrt Astrognosie Bode's Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels.

Die Astronomie selbst kann nur durch fortwährende Beobachtung des gestirnten Himmels gefördert werden, und wenn diese die erforderliche Genauigkeit und Sicherheit haben soll, so muß man sich derjenigen Instrumente zu bedienen verstehen, die zu ihrer Erleichterung und Genauigkeit erfunden worden sind (— beobachtende Astronomie); der Himmel erscheint dem Beobachter als eine Halbkugel, welche über seinem Haupte sich wölbt, und die Gestirne beschreiben bei ihrer täglichen Bewegung Kreise in dieser Kugel [— sphärische, v. d. griech. σφαῖρα, Kugel, Astronomie]; Nachdenken zeigt jedoch, wie der Himmel eine Kugel zu sein nur scheint, in der That aber ein unbegrenzter Raum ist, wie die meisten Sterne sich zu bewegen nur scheinen, in der That aber fest stehen, und wie der einzig festzustehen scheinende Weltkörper, unsere Erde, grade der bewegte ist, der den Schein der Bewegung bei den übrigen Weltkörpern bewirkt [— theoretische, v. d. griech. θεωρέω, betrachten, Astronomie]; einige Weltkörper aber, unter ihnen die Erde, bewegen sich in der That, aber es ist zu untersuchen, nach welchen Gesetzen diese Bewegung geschehe, überhaupt, welches die Gesetze seien, nach denen das ganze Weltall gehalten und gelenkt werde, und welches gemäß den Naturgesetzen die Beschaffenheit der Weltkörper, die wir nur als schimmernde Punkte erblicken, sei (— physische Astronomie); diese Gesetze wirken und greifen ineinander nach dem ewigen unabänderlichen Willen dessen, der auch uns von seinem Geiste gegeben hat, daher sind wir im Stande, wenn uns jene Gesetze erst bekannt sind, auch zu bestimmen, wie dieselben sich äußern müssen, wie sie vor Jahrtausenden und in Jahrtausenden und jetzt wirken müssen (— rechnende Astronomie).

Athmen, Respiration (v. d. lat. respirare athmen), ist diejenige Verrichtung des thierischen Organismus, durch welche die atmosphärische Luft mit dem Blute in Berührung gebracht, und so das thierische Leben erhalten wird. Diejenigen Thiere, welche auf der Oberfläche der Erde leben, saugen die Luft unmittelbar aus der Atmosphäre ein, während die im Wasser lebenden Thiere die im Wasser absorbirte Luft aufnehmen. Das Organ, durch welches das Athmen

Digitized by Google

geschieht, ist bei den Säugethieren, bei den Vögeln und Amphibien die Lunge, bei den Fischen die Kiemen, bei den Insekten und Würmern theils Kiemen, theils Luftröhren.

Das Athmen der Säugethiere geschieht durch Einathmen und Ausathmen, wobei die Lunge erst ausgedehnt, dann wieder zusammengezogen wird. Den mechanischen Proceß des Athmens erklärt Muncke folgendermaßen: „Durch einen Reiz der Nerven, namentlich des nervus vagus auf die Muskeln der Rippen und des Zwerchfelles, welchem der Mensch durch bloße Willensthätigkeit nicht widerstehen kann, werden die Rippen an der Seite in die Höhe gezogen, und da sie schräg von hinten nach der Seite zu herablaufen, so wird hierdurch die Brusthöhle erweitert; das Zwerchfell schließt die Brusthöhle unten und wird durch die Bauchmuskeln im Zustande seiner Erschlaffung in die Höhe gedrückt, bei seiner Anspannung aber bildet es eine geradere Fläche, drückt den Inhalt des Unterleibes mehr herab und vermehrt gleichfalls die Erweiterung der Brusthöhle. Beide Veränderungen dehnen die in den Lungen enthaltene Luft aus, und bewirken das Einströmen der äußeren durch die Respirationswerkzeuge, so lange diese offen sind, (Einathmung), wogegen man bei Verschließung derselben die vergebliche Anstrengung jener Muskeln wahrnimmt, den diese Erweiterung hindernden äußeren Luftdruck zu überwinden. Lassen die Muskeln nach, fallen mithin die Rippen und das Zwerchfell in ihre Lage zurück, so tritt Verengerung der Brusthöhle ein, und der größte Theil der in ihr enthaltenen Luft entweicht wieder durch die Respirationsorgane (Ausathmung)." Außer diesem mechanischen Prozeße geht beim Athmen aber auch ein chemischer vor. Die eingeathmete atmosphärische Luft wird nämlich zersetzt, das Sauerstoffgas derselben verbindet sich zum Theil mit dem Blute, das Stickgas derselben wird unverändert wieder ausgestoßen und kohlensaures Gas in größerer Menge ausgeathmet als eingeathmet worden. Nach H. Davy's Versuchen werden gewöhnlich von einem Menschen 26—27 Mal in einer Minute 10—13 Würfelzoll Luft ein- und ausgeathmet, welches in 24 Stunden 400000 bis 500000 Würfelzoll betrüge. Nach demselben soll die menschliche Lunge nach gewöhnlichem Einathmen 118, nach gewöhnlichem Ausathmen 108, nach möglichst starkem Einathmen 240 und nach möglichst starkem Ausathmen 35 Würfelzoll Luft enthalten. Allen und Pepys nehmen an, daß die Lunge bei gewöhnlichem Einathmen 16,5 und in 24 Stunden 460800 bis 475200 Würfelzoll Luft aufnehme; Thomson rechnet 40 Würfelzoll Luft auf einmaliges Einathmen und, bei 20 Athemzügen in einer Minute, in 24 Stunden ein- und ausgeahmete Luft 1152000 Würfelzoll oder 52,5 Pfund.

Das beim Athmen verzehrte Sauerstoffgas ist nach Dalton, Allen und Pepys dem erzeugten kohlensauren Gase dem Umfange nach vollkommen gleich, so daß, wenn die Luft vor dem Einathmen 79 Maße Stickgas und 21 Maße Sauerstoffgas enthielt, so enthielt die ausgeathmete Luft 79 Maße Stickgas, 12, 5 bis 13 Maße Sauerstoffgas und 8,5 bis 8 Maße kohlensaures Gas, nach anderen hingegen (Lavoisier, Goodwyn, Bertholle, Davy, Des-

Digitized by Google

pretz) wird etwas mehr Sauerstoffgas verzehrt als kohlensaures Gas erzeugt. Der Sauerstoff verbindet sich in der Lunge mit dem Kohlenstoffe des Blutes zu Kohlensäure und zwar so, daß ein Maß kohlensaures Gas ein Maß Sauerstoff enthält (s. d. Art. Kohlensäure). Hiernach müßte soviel kohlensaures Gas erzeugt werden als Sauerstoffgas verzehrt wird; wenn also mehr Sauerstoffgas in der Lunge zurückbleibt, so muß man annehmen, daß ein Theil des Sauerstoffes sich mit dem Wasserstoffe des Blutes zu Wasser verbindet, oder daß Kohlensäure in der Lunge zurückgehalten werde. Gmelin hat zusammengestellt, daß ein erwachsener Mann in 24 Stunden

	verbraucht Sauerstoffgas		erzeugt kohlensaures Gas		im kohlensauren Gas enthaltener Kohlenstoff	
nach	W. Z.	Gran	W. Z.	Gran	Gran	
Lavoisier u. Seguin	46037	15661	14930	8584	2820	franz.
Menzies	51480	17625				engl.
Davy	45504	15751	31680	17811	4853	engl.
Allen und Pepys	39600	13464	39600	18612	5148	engl.

Ein erwachsener Mensch also zerstört in 24 Stunden, da die Luft ungefähr $\frac{1}{5}$ Maß Sauerstoffgas enthält, 5 mal 39600 bis 5 mal 51480 Würfelzoll Luft. Da 1 Gran Kohlenstoff beim Verbrennen 40 bis 96 Gran Eis auf 0° C. schmelzt, so kann durch die Verbindung von 5148 Gran Kohlenstoff mit dem Sauerstoff der Luft so viel Wärme entwickelt werden als erforderlich ist um 205920 bis 494208 Gran Eis auf 0° zu schmelzen.

Prout hat gefunden, daß die Kohlensäurebildung nicht allein bei einem Menschen stärker als beim andern sei, sondern auch daß dieselbe bei demselben Menschen zu verschiedenen Tageszeiten verschieden und zugleich von dem geistigen und körperlichen Verhalten desselben abhängig sei. So enthielten 100 Maß einmal eingeathmete Luft bei Davy 3, 95 bis 4, 5, bei Berthollet 5, 53 bis 13, 82, bei Allen und Pepys 3, 5 bis 9, 5, bei Menzies 5, bei Prout 3, 3 bis 4, 1 bei dessen Freunde 4, 6, bei Murray 6, 2 bis 6, 5, bei Fife 8, 5 bei Jurine 10 Maß kohlensaures Gas. Zwischen 11 und 1 Uhr Mittags wird am meisten und von der Abenddämmerung bis zur Morgendämmerung am wenigsten Kohlensäure gebildet. Bei Einwirkung herabstimmender Leidenschaften, bei und nach heftigen Bewegungen, nach, aber nicht bei gelinden Bewegungen, beim Genuß von Weingeist und weingeistigen Flüssigkeiten, beim Genuß von Thee und vegetabilischen Nahrungsmitteln, bei längerem Gebrauch von Quecksilber pflegt Kohlensäure in geringerer Menge erzeugt zu werden. Im Gegentheil wird Kohlensäure in größerer Menge ausgeathmet bei erheiternden Gemüthsbewegungen, bei gelinden körperlichen Bewegungen und bei niedrigem Barometerstande.

Was das Stickgas betrifft, so wollen einige (Berthollet, Nysten, Dulong, Despretz) Vermehrung, andere, (Davy,

Digitized by Google

Pfaff) Verminderung, noch andere (Lavoisier, Seguin, Allen und Pepys) weder Vermehrung noch Verminderung desselben gefunden haben. Edwards ist der Meinung, daß in der Lunge gleichzeitig Stickgas absorbirt um ausgehaucht werde, es kommt nun darauf an, ob mehr ausgehaucht oder mehr absorbirt werde, oder ob gleichviel absorbirt und ausgehaucht werde, und die Verschiedenheit der Erscheinungen zu erklären. Bringt man daher Thiere, wie Allen und Pepys mit Meerschweinchen thaten, in ein Gasgemenge, welches gar kein Stickgas enthält, so athmen sie solches nur aus, und jene Meerschweinchen athmeten mehr Stickgas aus, als der Umfang ihres Körpers betrug, und verschluckten etwas Wasserstoffgas.

In der ausgeathmeten Luft ist in großer Menge Wasserdampf enthalten, so daß ein erwachsener Mann in 24 Stunden nach Menzies 2880, nach Abernethy 4320, nach Thomson 9120, nach Hales 9792, nach Lavoisier 13704 Gran an Wasser ausathmet. In diesem ausgeathmeten Wasser befindet sich thierische Materie. Fremdartige, gasförmige oder verdampfbare Stoffe, die dem Blute beigefügt sind, finden sich ebenfalls in der ausgeathmeten Luft.

Nach mehrmaligem Ein- und Ausathmen derselben Luft enthält dieselbe viel weniger kohlensaures Gas, als man dem verschwundenen Sauerstoffgase gemäß erwarten sollte. So fanden Allen und Pepys, daß 17 Maße Sauerstoffgas verschwunden waren, während nur 10 Maße kohlensaures Gas erzeugt waren. Es ist also wahrscheinlich, daß vom Blute ein Theil des gebildeten kohlensauren Gases zurückgehalten wird, wenn die Luft, welche eingeathmet wird, schon viel kohlensaures Gas enthält. Athmet ein Mensch reines Sauerstoffgas ein, so wird von ihm gegen 4 Procent mehr kohlensaures Gas ausgeathmet, als beim Athmen von atmosphärischer Luft geschieht, zugleich verschwinden mehr Maße Sauerstoffgas als von kohlensaurem Gase erzeugt werden.

Was den Einfluß der verschiedenen Gasarten, wenn sie geathmet werden, betrifft, so ist Sauerstoffgas dasjenige, welches durch seine Verbindung mit dem Blute das Leben erhält, und zugleich die thierische Wärme unterhält. Es gibt dem Blute seine hochrothe Farbe. Wenn man Thiere in dasselbe einsperrt, so erhält dasselbe das Athmen viermal länger als ein gleiches Volumen atmosphärischer Luft, deswegen nannte man es ehemals Lebensluft. Das Blut der Thiere, welche darin geathmet haben, erscheint röther als vorher. Wird jedoch längere Zeit Sauerstoffgas geathmet, so geräth die Lunge in einen entzündlichen Zustand, weswegen besonders Menschen, die an der Lunge leiden, sich vor dem Einathmen dieses Gases zu hüten haben. Das Wasserstoffgas unterhält das Leben nicht. Sperrt man ein Thier in reinem Wasserstoffgase ein, so stirbt es zwar nicht augenblicklich, da sich aber das Blut desselben nicht mit dem nöthigen Sauerstoffgase vereinigen kann, so wird es nach einer Weile krank und stirbt. Wenn man das Thier bevor alle Zeichen des Lebens verschwunden sind, wieder in die atmosphärische Luft oder noch besser in Sauerstoffgas bringt, so kommt es wieder ins Leben zurück. In einer Atmosphäre, die aus

Digitized

Sauerstoffgas und statt des Stickstoffgases aus Wasserstoffgas zusammengesetzt ist, wird man nach einer Weile schläfrig, ohne ein sonstiges Zeichen von Uebelbefinden zu spüren. Allen und Pepys fanden, daß Meerschweinchen, die man in einer solchen Atmosphäre ließ, endlich in einen tiefen Schlaf verfielen. Man hat Beispiele, daß Menschen, die längere Zeit ein Gemenge von Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft einathmeten, davon jedesmal in Schlaf fielen. — Ist das Wasserstoffgas unrein, z. B. kohle- oder schwefelhaltig, so sterben die Thiere darin augenblicklich und können nicht wieder ins Leben gebracht werden. Menschen können ohne Nachtheil eine lange Weile Wasserstoffgas einathmen, besonders wenn es ein wenig atmosphärische Luft enthält. — Auch im Stickgase können Thiere eine Zeit lang leben, und sterben nur wegen Mangels an Sauerstoff. Tödtlicher als diese Gase wirken Kohlen-Oxyd und Kohlen-, Phosphor-, Schwefel- und Arsenikwasserstoffgas, indem sie schon, wenn sie in geringer Menge der Luft beigemischt sind, üble Zufälle und Tod herbeiführen. — Hydrothionsaures Gas ist tödtlich, wenn es auch nur in sehr geringen Mengen mit der atmosphärischen Luft eingeathmet wird. — Die sauren und alkalischen Gasarten, wie kohlensaures, schweflichsaures, salzsaures, Chlor-, Fluorboron-, Fluorsilicium- und Amoniakgas erregen, wenn sie in großer Verdünnung in die Lunge kommen, Erstickungszufälle; für sich eingeathmet verursachen sie sogleich krampfhafte Verschließung der Stimmritze, ehe sie noch in die Lunge kommen.

Durch Zerstörung eines der zum Athmen nöthigen Werkzeuge wird der Tod herbeigeführt.

Die Amphibien haben ein sehr zähes Leben. Nach Carradori leben Frösche noch lange Zeit im luftleeren Raume und in verdorbener Luft, auch unter lufthaltendem Wasser sterben sie erst nach 7—8 Stunden; dagegen sterben sie unter Oel bald, und noch schneller in ausgekochtem vor der Luft verwahrtem Wasser. Auch Schildkröten leben lange im luftleerem Raume der Luftpumpe und in Gasarten, welche andere Thiere nicht zu athmen vermögen, unter Oel sterben sie in 24—36 Stunden.

Die Fische bedürfen weniger Sauerstoff als gleichgroße warmblütige Thiere. Wenn sie sich im lufthaltigen Wasser befinden, so absorbiren sie mit den Kiemen und mit der ganzen Oberfläche des Körpers Sauerstoffgas und erzeugen kohlensaures Gas; dieß geschieht jedoch nicht, wenn sie sich in freier Luft befinden. In Stickgas und Wasserstoffgas schließen sie die Kiemendeckel und leben noch 5 bis 6 Stunden; in wässriger Kohlensäure, wässrigem Chlor und in kohlensaurem Gase sterben sie schnell.

Die Insecten leben nach Carradori wie die Amphibien noch längere Zeit im luftleeren Raume der Luftpumpe, sterben aber unter Oel sogleich. In freier Luft absorbiren sie nach Spallanzani verhältnißmäßig vielmehr Sauerstoffgas als die Amphibien.

Digitized by Google

Auch die Würmer absorbiren Sauerstoffgas und erzeugen Kohlensäure.

Atmosphäre (v. d. griech. Wört. ἀτμός. Dunst und σφαῖρα, Kugel) der Erde, Dunstkreis, Luftkreis (richtiger Dunstkugel, Luftkugel), ist die uns überall auf der Erde und die Erde selbst umgebende Luftmasse. Diese erfüllt nicht den ganzen Weltraum, sondern ist der Erde eigenthümlich und bewegt sich mit derselben um die Erdaxe und um die Sonne. In ihr befindet sich die Erde etwa wie der Dotter in einem Ei. Ohne diese Atmosphäre würde keines der auf der Erde lebenden Wesen bestehen können; in ihr bewegen wir uns von Jugend auf, und wie es scheint ungehindert. Und dennoch hat dieselbe eine bedeutende Schwere. Dieß bemerken wir sogleich, wenn die Luft in schnellere Bewegung geräth, beim Winde und Sturme, wo dieselbe eine oft ungeheuere Kraft zeigt; eine völlig der Schwere entbehrender Körper würde auch bei der größten Geschwindigkeit, in der er sich fortbewegte, keinen Druck und Stoß ausüben, wie wir z. B. an dem Lichte bemerken, welches sich noch unendlich schneller, als die Luft im ärgsten Sturme bewegt. Es gibt aber Erscheinungen, aus denen wir die Schwere der Atmosphäre genau zu berechnen im Stande sind. Es ist bekannt, daß man eine Sprütze dadurch mit Wasser füllt, daß man einen luftdicht in sie passenden Kolben zurückzieht, und dabei das untere Ende der Sprütze ins Wasser hält. Dann steigt in den durch Zurückziehen des Kolbens leer gewordenen Raum, in welchem weder von unten, noch von oben Luft eindringen kann, Wasser. Eben so steigt das Wasser in einer Pumpe, nur das bei dieser das Wasser oben ablauft. Man glaubte bis Galilei diese Erscheinung dadurch erklärt zu haben, daß man sagte, die Natur habe einen Abscheu vor dem Leeren, daher beeile sie sich, im angeführten Falle, den durch Hebung des Kolben leer werdenden Raum durch Wasser zu füllen. Gärtner in Florenz hatten zu Galiläi's Zeit eine sehr lange Pumpe gebaut, und fanden, als sie dieselbe anwenden wollten, daß es nicht möglich war, durch Heraufziehen des Kolbens das Wasser höher als 32 Fuß zu heben. Sie fragten Galiläi um Rath, der ihnen spottend antwortete: die Natur habe offenbar nur bis zu einer Höhe von 32 Fuß Abscheu vor dem leeren Raume. Galiläi hat sich nicht darüber erklärt, ob er die Schwere der Luft schon kannte; aber daß diese und nicht ein Abscheu der Natur es sei, welche das Wasser in der Pumpe heraufdrücke, zeigte Galiläi's berühmter Schüler Torricelli.

Im Jahre 1643 füllte Torricelli eine 3 Fuß lange Glasröhre, deren eines Ende zugeschmolzen war, mit Quecksilber, hielt mit dem Finger das offene Ende zu und brachte es so unter die Oberfläche einer mit Quecksilber gefüllten Schaale. Alsbald fiel das Quecksilber bis auf eine Höhe von 28 Zoll, in dieser aber blieb es in der Röhre stehen. Oberhalb des Quecksilbers war nun offenbar ein leerer Raum entstanden, vor dem die Natur gar keinen Abscheu zeigte. Warum fiel aber das Quecksilber nicht ganz aus der Röhre? Offenbar wurde es durch einen äußeren Gegendruck gehalten, es drückte aber auf die Queck-

Digitized by Google

silberfläche im Gefäß, welche beim Sinken des Queckſilbers in der Röhre hätte ſteigen müſſen, nichts als die Atmoſphäre, alſo muß der Druck der Atmoſphäre im Stande ſein, eine Queckſilberſäule 28 Zoll hoch zu halten, uud eine leichtere Flüſſigkeit, muß man ſogleich ſchließen, wird der nämliche Druck ſoviel Mal höher in einer Röhre erhalten, wie viel Mal ſie leichter iſt. Waſſer iſt ungefähr 13,5 Mal leichter als Queckſilber, alſo muß eine Waſſerſäule in einer Röhre 13,5 Mal höher als Queckſilber ſtehen, d. i. faſt 32 Fuß, — alſo in der That bis zu der Höhe, bis zu welcher nach der Erfahrung jener Gärtner das Waſſer in der Pumpe emporgetrieben wurde. Die Luft iſt demnach eine ſchwere Flüſſigkeit, wie alle Flüſſigkeiten wird ſie deswegen von allen Seiten auf alle Punkte eines von ihr umgebenen Körpers drücken, und ſo hat man berechnet, daß ein Menſch, von mittlerer Größe, welcher in jedem Punkte ſeiner Oberfläche einen Druck von der Luft zu ertragen hat, der gleich dem einer Queckſilberſäule von 28 Zoll Höhe oder einer Waſſerſäule von 32 Fuß Höhe iſt, — an der Luft ein Gewicht von 33000 Pfund zu tragen habe. Wir ertragen dieſes ungeheuere Gewicht, weil es von allen Seiten gleichmäßig wirkt, und weil unſer Körper ſelbſt mit Luft und tropfbaren Flüſſigkeiten erfüllt iſt, deren Ausdehnungskraft gleich der der äußeren Luft iſt. Es würde im Gegentheil unſern augenblicklichen Tod herbeiführen, wenn plötzlich der Druck der Atmoſphäre aufhörte, denn die in uns befindliche Luft würde ſich dann, keinen Widerſtand mehr findend, ihrer Natur nach ſogleich unbegrenzt ausdehnen. Aehnliches geſchieht z. B. bei vielen Fiſchen, die im Grunde des Meeres leben, wenn ſie plötzlich heraufgebracht werden. Im Grunde des Meeres haben dieſe nämlich einen noch viel größeren Druck von außen, als wir auf der Oberfläche der Erde (auf dem Grunde der Atmoſphäre) auszuhalten. Die Blaſe im Innern dieſer Fiſche kann ſich nicht ſchnell genug dem veränderten Drucke von Außen gemäß entleeren, die Luft in der Blaſe dehnt ſich daher gewaltig aus, ſprengt die Blaſe, erfüllt den ganzen Körper, dreht den Magen nach Außen, ja ſelbſt zum Schlunde heraus, und tödtet ſo die Thiere. Mit Torricelli's Verſuche war zugleich der Barometer erfunden (ſ. d. Art.). — Das Geſagte wird recht auffallend von den Erſcheinungen bei der Luftpumpe (einer anderen Erfindung, welche die Richtigkeit der Lehre vom Abſcheu der Natur vor dem leeren Raume beweiſt, ſ. d. Art.) beſtätigt, namentlich von folgender. Legt man die Hand auf eine oben offene Glocke und pumpt darunter aus, ſo wird bald die Hand ſo feſt aufliegen, daß man ſie auch mit der größten Anſtrengung nicht herunter heben kann. Dieß kommt daher, daß ſchon, wenn die Luft unter der Glocke durch das Auspumpen auf ein Zehntel der natürlichen Dichtigkeit gebracht iſt, die äußere Luft auf jeden Quadratzoll 13½ Pfund Druck mehr ausübt, als die Luft unter der Glocke; iſt die Oeffnung in der Glocke, auf welcher die Hand liegt, 4 Quadratzoll groß, und die Luft in der Glocke bis auf ein Zehntel der gewöhnlichen Dichtigkeit verdünnt, ſo müßte folglich die Hand um ſich zu erheben ſchon ein Gewicht von 54 Pfund heben, welches nicht möglich. Setzt man den Verſuch länger fort und verdünnt

Digitized by Google

die Luft noch mehr, so röthet sich die Haut, das Blut wird in die Gefäße derselben getrieben, weil der Druck der äußern Luft die im Körper enthaltene Luft nicht mehr zurückhält. Noch auffallender findet dieß aus ähnlichen Gründen beim Schröpfen statt; und wiederum dieselben Gründe (verminderter Luftdruck) sind es, aus welchen diejenigen, welche sehr hohe Berge ersteigen, Entzündung der Augen, (weil das Blut in die feineren Aederchen des Auges herandrängt), und Druck im Ohr empfinden, welcher von der Luft im Innern des Ohres herrührt, die sich nicht schnell genug mit der äußern Luft ins Gleichgewicht setzen kann. Man kann mittelst der Luftpumpe die Luft auch gradezu wiegen, über das Verfahren vergl. d. Art. Luft, und so hat man gefunden, daß bei 28 Zoll Barometerhöhe und 0° Wärme 1 pariser Cubikfuß 0,0907 franz. Pfund wiegt, oder 11 Cubikfuß etwas weniger als 1 Pfund. Bei eben dieser Wärme ist die specif. Schwere des Wassers beinah 722 mal so groß als die der Luft; die specif. Schwere des Queckſilbers 10495 mal so groß.

Wäre die Luft bis in ihre größte Höhe von stets gleicher Dichtigkeit so müßte sie 24594 p. F. über der Oberfläche des Meeres ihre Grenze erreicht haben, würde also kaum über die Spitzen der höchsten Berge reichen. Dieß Resultat, das die Atmosphäre eine Höhe von 24594 p. F. habe, ist indeß nicht richtig. Denn nach dem Mariotteschen Gesetze (s. d. Art. Luft) verhält sich die Dichtigkeit der Luft gerade wie die zusammendrückende Kraft. Hiernach lagert sich (und die Erfahrungen derer, welche hohe Berge bestiegen oder auf Luftballons sich erhoben haben, bestättigt dieß), über jeder Luftschicht eine dünnere, und unmittelbar auf der Oberfläche der Erde ist die Luft am dichtesten. Da aber der Druck stets abnimmt, so müßte auch die Atmosphäre immer dünner und dünner werden, eine Grenze derelben aber ließe sich gar nicht angeben. Indeß lassen sich doch bestimmte Grenzen nachweisen, bis zu denen, damit gewisse Erscheinungen statt finden können, die Atmosphäre reichen muß. So läßt sich aus der Dämmerung die Höhe der Atmosphäre berechnen bis zu der Grenze, wo die Lufttheilchen das Licht der Sonne nicht mehr reflectiren, wie schon Alhazen gezeigt hat. Wäre diese Grenze die der ganzen Atmosphäre, so ist berechnet, daß dieselbe eine Höhe von ungefähr 10 Meilen hätte, wie schon Keppler gefunden. Ist (Fig. 24) C der Mittelpunkt der Erde, und stellt CD die Länge des Erdhalbmessers von 860 Meilen vor, so wäre Dd eine Länge von 10 Meilen und ab die Grenze der Atmosphäre. — Laplace hat die Grenze berechnet, bis zu welcher die Erde noch eine Atmosphäre haben kann, d. h. die Grenze, über welche hinaus gehend jeder Körper wie ein Mond in 24 Stunden um die Erde sich herumbewegen müßte, wo die mit der Höhe zunehmende Centrifugalkraft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt; diese Grenze liegt in einer Höhe von 5682,2 geogr. Meilen. Hieraus folgt, daß die Atmosphäre nothwendig begrenzt sein müsse, denn jedes Lufttheilchen, welches jene Höhe überstiege, würde nicht mehr zur Atmosphäre der Erde gehören. — Wollaston beweist die Nothwendigkeit, daß die Erde eine begrenzte Atmosphäre

Digitized by Google

habe aus der Betrachtung, daß, wäre dieß nicht der Fall, sondern die Atmosphäre etwa durch das Sonnensystem verbreitet, sich auch der Mond und die übrigen Planeten Atmosphären aus ihr bilden würden, deren Höhe und Dichtigkeit den Anziehungen, mithin den Massen derselben proportional wäre; welches nicht der Fall ist. Noch anders hat G. G. Schmidt die Grenze der Atmosphäre zu bestimmen gesucht, indem er annimmt, sie liege da, wo die specifische Elasticität der Luft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt. Das Gesetz der Ausdehnung der Luft durch Wärme und die Wärmeabnahme in größeren Höhen, muß hierbei berücksichtigt werden, da indeß die letztere nicht genau bekannt ist, so läßt sich auch in der Rechnung keine absolute Genauigkeit erzielen. Es ergiebt sich nach Schmidts Annahme eine Höhe der Atmosphäre wenig über 27 Meilen. Dieß würde im Verhältniß zum Halbmesser der Erde C D (in Fig. 24) die Länge D d′ sein, und a′ b′ wäre die gefundene Grenze. — Die Dünnheit der Luft, welche man mit den besten Luftpumpen bewirken kann, muß die Atmosphäre (nach de Lüc) in einer Höhe von etwa 7,4 Meilen haben. — Muncke theilt (nach Hutton) eine Tabelle mit über die Verdünnung, welche die Atmosphäre in verschiedenen Höhen erleidet:

Höhe in englischen Meilen, deren 4,6 = 1 geogr. Meile.	Größe der Verdünnung.
3,5	2 fache
7	4
14	16
21	64
28	256
35	1024
42	4096
49	16384
56	65536
63	262144
70	1048576

Nach einer noch genaueren und für noch größere Höhen gemachten Berechnung Munckes ergiebt sich, daß die Luft bei einer Höhe von 30 geogr. Meilen, schon mehr als ein viertelbillionenmal dünner ist, als auf der Oberfläche der Erde, und schon Newton sagte, daß die Luft bei 45 Meilen Höhe über 75 billionenmal dünner sei; Zahlen von denen wir keine Vorstellung mehr haben. — Es ist nach dem Vorhergehenden indeß ausgemacht, daß die Erde eine begrenzte Atmosphäre habe. Wäre die Erde ein vollkommen runder Körper, so würde die Atmosphäre als eine hohle Kugel, deren Inneres die Erde ausfüllt, vorzustellen sein. Da aber die Erde nach den Polen zu eingedrückt ist, so wird auch die Atmosphäre nicht die reine Kugelgestalt haben. Vielmehr ist sie wahrscheinlich noch mehr als die Erde einem Ellipsoid ähnlich, d. h. einen Körper, der entsteht, wenn man eine Ellipse um ihre kleine Axe herumbewegt. Denn nicht blos wirkt wegen der Axendrehung (wie auf die Erde, s. d. Art.) die Schwungkraft in der Gegend des Aequators auf die Atmosphäre, sondern auch

Digitized by Google

die Wärme, welche größere Ausdehnung der Luft veranlaßt. Hiernach wäre die Excentricität der Atmosphäre größer als die der Erde.

Der Hauptbestandtheil der Atmosphäre ist die Luft. Diejenigen, welche meinen, es gäbe einen Lichtstoff, einen Wärmestoff, einen electrischen und magnetischen Stoff, müssen die Atmosphäre auch von diesen Stoffen erfüllt annehmen. Alle Dämpfe und Gase haben das Bestreben von der Erde in die Atmosphäre aufzusteigen, wo sie sich zum Theil wieder verdichten und als Regen, Schnee, Hagel herunter kommen. Auch Steine sogar scheinen sich in der Atmosphäre erzeugen zu können, s. d. Art. Meteorsteine. — Was nun aber die Luft selbst anbetrifft, welche durch die ganze Atmosphäre verbreitet ist, oder eigentlich dieselbe ausmacht, so glaubte man bis auf von Helmont (geb. 1577) sie sei der einzige ausdehnsam flüßige Körper, und als eines der vier Elemente (Erde, Feuer, Luft und Wasser) ein einfacher, unzusammengesetzter Stoff. Durch Lavoisier, Priestley, Scheele wurde die Natur der Gase genauer bekannt, aber immer noch hielt man die atmosphärische Luft für die reinste, wenn sie nicht durch fremdartige Beimischungen verdorben sei. Da entdeckte Priestley, daß das Sauerstoffgas, welches er durch Glühen von Queckſilberoxyd erhielt, reiner sei, als die atmosphärische Luft, daß in demselben Thiere länger lebten, und Feuer lebhafter brandte, als in dieser, ja er fand endlich, daß das in der atmosphärischen Luft enthaltene Sauerstoffgas die Ursache alles Verbrennens (auch des Oxydirens der Metalle) sei. Nun glaubte man allgemein annehmen zu müssen, daß die größere oder geringere Menge des in der Luft enthaltenen Sauerstoffgases der Grund sei von der größeren oder geringeren Gesundheit verschiedener Gegenden. Um die Beschaffenheit der Atmosphäre untersuchen zu können, erfand man eigene Instrumente, Eudiometer, wodurch ein eigener Theil der Chemie, die Eudiometrie entstand. (S. d. Art.) — Man weiß nun, daß die atmosphärische Luft vorzüglich aus zwei Gasen, nämlich aus Sauerstoffgas und Stickgas besteht. Ueber die Verhältnisse, in denen diese Gase der Luft beigemengt wären, war man lange nicht einig und hielt sie für verschieden in verschiedenen Gegenden. De Marti entdeckte zuerst, daß in 100 Raumtheilen atmosphärischer Luft unter allen Umständen gegen 21 Theile Sauerstoffgas enthalten seien. De Marti hatte hierüber 1790 eine Vorlesung in der königl. Akademie der Wissenschaften zu Barcellona gehalten, welche 1795 in Madrid, 1801 in Frankreich und erst 1805 in Deutschland gedruckt wurde. De Marti's Lehrsatz wurde nun durch Versuche, die unter den verschiedensten Umständen mit der Luft vorgenommen wurden, bestätigt. Ueberall fanden sich Sauerstoff und Stickstoff in bestimmten Verhältnissen, so nämlich, daß 100 Theile atmosphärische Luft dem Volumen nach aus 78,999 Theilen Stickstoffgas, 21 Theilen Sauerstoffgas und 0,001 Kohlensäure im Mittel befand, dem Gewichte nach aus 23,299 Sauerstoff und 76,701 Stickstoff. In unbestimmten Mengen finden sich (später zu erwähnende) andere Stoffe in Dampfform beigemischt. H. Davy untersuchte die Luft in den Bädern zu Bristol, Luft die

Digitized by Google

weit über das atlantische Meer gekommen war, er fand eben so 21 Procent Sauerstoffgas, wie in der Luft, welche Dr. Beddoes an der Küste von Guinea gesammelt hatte. Gay-Lussac und Humboldt stellten bei den verschiedensten Winden und Temperaturen 19 Versuche mit atmosphärischer Luft in Paris an, Berthollet untersuchte die Luft in Kairo, Biot die auf Fortera und Yviza, Kupffer die in Kasan, Humboldt die auf dem Antisana in einer Höhe von 2773 Toisen, derselbe mit Gay-Lussac die auf dem Mont Cenis, Berger die auf den Schweizer Alpen, auf dem Gletscher des Mont Cervin, der Aiguille du Midi, des Plant, von Blasière im Thale von Chamouny, des Buat, vom Gletscher von Talèfre, Biot die an den Seen von Neufchatel und Genf, zu Sallenche, auf dem Gletscher von Chamouny, auf dem Col de Balme, zu Martigny in Wallis, auf dem großen St. Bernhard, zu Turin and auf den Mont Cenis, Dalton die Luft in Manchester und auf der Spitze des Helvelyn in Cumberland, Gay-Lussac bei seiner Luftreise die Luft in einer Höhe von 3405 Toisen, überall fanden sich (mit sehr geringen, aus Mängeln der verschiedenartigen Instrumente, welche angewandt wurden, erklärlichen Abweichungen) 21 Procent Sauerstoffgas in der Luft. Am meisten fand de Marti Widerspruch in Bezug auf offenbar schädliche Luft über Sümpfen und in Orten, wo längere Zeit viele Menschen versammelt sind. Aber Séguin fand auch in der Luft aus dem mit vielen Menschen angefüllten Theater 21 Procent Sauerstoffgas; Edmund Davy fand in der Luft, welche er in den Sälen des Hospitals zu Cork sammelte, gleichviel Sauerstoffgas, wie in der Luft auf dem dortigen Observatorium. In der Luft, welche Humboldt und Gay-Lussac im Theatre françois zu Paris mitten im Parterre einen Augenblick vor dem Anfang des zweiten Stückes auffingen, waren 20,2 Procent Sauerstoffgas enthalten, in der welche sie 3 Minuten nach Beendigung des Schauspieles in der größten Höhe des Saales sammelten, 20,4. Saussure erhielt in einem Zimmer, in dem zwei Menschen bei verschlossenen Thüren und Fenstern geschlafen hätten, am Morgen eben soviel Sauerstoffgas als am Abend, wo seit 12 Stunden niemand im Zimmer gewesen war. Die wenigen abweichenden Resultate, welche sich ergeben haben, sind mangelhaften Beobachtungen zuzuschreiben, einige vielleicht örtlichen Ursachen, wie z. B. daß Bischoff in den Steinkohlengruben der Grafschaft Mark von 0,2258 Sauerstoffgasgehalt fand.

Die Kohlensäure glaubte man anfangs in viel größerer Menge in der Atmosphäre enthalten, als sich später bestätigt hat. Nach Gehler sollte dieselbe $\frac{1}{150}$ des Ganzen ausmachen, nach Scheele $\frac{1}{100}$, nach Priestley und Kirwan noch nicht $\frac{1}{25}$, nach Girtanner $\frac{1}{1000}$; Felice Fontana endlich bestreitet ihre Anwesenheit gänzlich. Humboldt suchte zuerst die Menge derselben durch genaue Messungen zu bestimmen; es zeigte sich hierbei, daß sie keineswegs stets dieselbe war, sondern von dem Gange der Witterung und den Jahreszeiten abhing; er fand nämlich, daß sie im Sommer und bei feuchter Witterung größer sei als im Winter und bei trockenem Wetter; als Mittel seiner

Versuche nahm er 1,5 Procent an, indem dieselben zwischen 1,8 und 0,5 schwankten. Parrot bestimmte zu Dorpat die Menge der Kohlensäure zu 0,57 Procent, Dalton zu 0,0453 Procent; Thomson indeß glaubt, daß man 0,001 des Ganzen, also 0,1 Procent annehmen müsse, eine Größe bis zu welcher nach Berzelius der Gehalt in freier Luft nicht steigen soll. Fast zu gleicher Zeit untersuchten Thenard und Th. v. Saussure den Gegenstand genauer; in einem Versuche, welchen ersterer im December 1812 an einem schönen Tage mit Luft anstellte, die fern von bewohnten Orten gesammelt war, erhielt er $\frac{1}{1761}$ Gewicht Kohlensäure, sehr nahe 0,0379 Procent des Volumens. Th. v. Saussure erhielt bei seinen Versuchen folgende Größen:

Januar	1809	0,0457	Procent
	1811	0,0466	"
	1812	0,0514	"
Julius	1811	0,0647	"
	1815	0,0713	"
August	1810	0,0779	"
October		0,0653	"
November		0,0425	"

Hiernach wäre das Verhältniß des Kohlensäure-Gehaltes im Sommer zu dem im Winter nahe wie 7:5 oder wie 3:2. Neue Versuche, welche Saussure in den Jahren 1816—1828 machte, zeigen, daß die Menge der Kohlensäure nicht zu allen Zeiten des Tages gleich ist, sondern am Abende größer als am Mittage, wie folgende Tafel zeigt:

1827	Mai	22	Mittag	0,0581;	Abend	0,0623
	Juli	7	"	0,0580;	"	0,0620
	September	3	"	0,0561;	"	0,0601
	November	6	"	0,0430;	"	0,0486
1828	Mai	31	"	0,0475;	"	0,0565
	Juni	13	"	0,0506;	"	0,0583
		26	"	0,0539;	"	0,0522
	August	1	"	0,0432;	"	0,0606
		12	"	0,0429;	"	0,0582

Am 26. Juni, wo sich die einzige Ausnahme zeigte, wehte ein sehr starker Wind. Im Durchschnitt enthielt die Luft, welche von 1816 bis 1828 auf einer Wiese bei Genf aufgefangen wurde, am Mittage 0,049 Procent. Im Sommer war die Kohlensäure in größerer Menge in der Luft enthalten, als im Winter; nach 30 auf einer Wiese bei Chambersy angestellten Messungen verhält sich die Menge der Kohlensäure im December, Januar und Februar zu der im Juni, Juli und August am Mittag wie 77:100. Die Mitte des Lemaner-See's, Chambersy gegenüber, enthält etwas weniger Kohlensäure, als die Luft 100 Toisen vom Ufer; nach 8 gleichzeitigen Beobachtungen ist das Verhältniß wie 98,5:100. Das Verhältniß der Kohlensäure in Genf und auf der erwähnten Wiese ist 100:92. Auf dem Festlande scheint die Luft überall Kohlensäure zu enthalten, Saussure fand deren noch auf dem Gipfel des Mont Blanc, Humboldt in der Luft,

Digitized by Google

welche Garnerin und Beauvois in einer Höhe von 650 T. sammelten, und eben so Gay-Lussac bei seiner Luftreise. Auf dem Meere hingegen scheint (wie Vogel bestättigt) wenig oder gar keine Kohlensäure in der Luft enthalten zu sein, weil Wasser, namentlich wenn es bewegt wird, die Kohlensäure leicht absorbirt. An Orten, wo sich stark Kohlensäure entwickelt (s. d. Art. Kohlensäure) ist natürlich auch die Luft stark damit geschwängert.

Wasserstoffgas steigt in sehr großer Menge von der Erde auf, besonders aus den Kratern der Vulkane, aus Sümpfen und Morästen, aus zersetzten thierischen und vegetabilischen Substanzen, durch die Ausdünstung der Thiere, u. s. w. Dennoch hat man es, außer da wo es sich unmittelbar entwickelt, in der atmosphärischen Luft nicht nachweisen können. Ob hieran nur die Unzulänglichkeit der Instrumente schuld sei, (wie Dalton meint), oder ob es vermöge seiner Leichtigkeit in die Höhe steigt (Gay-Lussac fand indeß auch in der Luft, welche er aus einer Höhe von über 20,000 F. von seiner Luftreise mitbrachte, kein Wasserstoffgas), oder ob es (nach Fischer) durch Einwirkung der Sonnenstrahlen mit Sauerstoffgas in Wasser umgewandelt werde, ist noch unbestimmt.

In geringer Menge sind der atmosphärischen Luft Salzsäure und salzsaure Salze beigemischt. Zuerst behauptete Driesen 1803 Salzsäure in der atmosphärischen Luft gefunden zu haben. Cranen, Vogel, Krüger, Nicolle, Hermbstädt haben Driesen's Angabe bestättigt. Meißner's Versuche, nach denen in der Nähe der Hallischen Salinen keine Salzsäure zu entdecken sei, scheinen um so unzuverlässiger, da man (nach Kämtz) im Sommer in der Nähe der Siedehäuser nicht selten das Vorhandensein der Salzsäure schon durch den Geruch erkennen kann. In der Nähe des Meeres hat man mechanisch fortgerissenes Salz wiederholt entdeckt, welches sich an die Gegenstände in Gestalt feiner Krystalle ansetzt. Besonders kann man dieß in der Nähe des todten Meeres bemerken. Die meisten Versuche hat man mit Regenwasser (s. d. Art.) angestellt. Es finden sich übrigens in der Atmosphäre noch eine Menge von Stoffen, welche entweder unmittelbar von der Erde in sie aufsteigen, oder aus derselben in der Atmosphäre gebildet werden. (S. Meteorsteine, Nebel.) Zu erwähnen sind hier noch der in der Atmosphäre enthaltene Wasserdampf und die Miasmen.

Die größte Menge des Wasserdampfes beträgt in unsern Gegenden (nach Daltons Berechnungen) 0,014 des Volumens der Luft. Man hat sich um die Dichtigkeit des Wasserdampfes in der Atmosphäre zu bestimmen der Hygrometer (deutsch: Feuchtigkeitsmesser) bedient, dieselben sind jedoch alle so beschaffen, daß ihren Angaben, wenigstens auf die Dauer, nicht zu trauen ist. Die lichtbrechende Kraft der Atmosphäre wird durch den Wasserdampf nicht verändert, uud seine Dichtigkeit wird daher durch das Auge nicht wahrgenommen, wohl aber wird die Dichtigkeit und das Gewicht der Luft durch ihn geändert, so daß er auf die Strahlenbrechung einen mittelbaren Einfluß hat, einen unmittelbaren auf den Barometerstand. Sobald er sich durch Ver-

Digitized by Google

minderung der Temperatur in tropfbares Wasser umwandelt, erzeugt er Regen und andere Wassererscheinungen in der Atmosphäre.

Die Menge des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes ändert sich gleichmäßig mit der Temperatur der Luft und ist unter höheren Graden der Breite, und im Winter, in größeren Höhen weit geringer als unter geringeren Breitengraden, im Sommer und näher an der Oberfläche der Erde. Das letztere ist durch Gay-Lussac's Beobachtungen bei seiner Luftreise und durch 11 monatliche gleichzeitige Beobachtungen des Hygrometers zu Genf und auf dem Hospitium auf dem St. Bernhard bestättigt. — (S. d. Art. Dampf.)

Um die Art und Weise, wie sich bei manchen Krankheiten die Ansteckung verbreitet, erklären zu können, hat man angenommen, daß es giftige Stoffe gebe, welche in die Luft vertheilt und durch diese verbreitet würden, die sich auch an andere Gegenstände anhängen, und so noch nach Jahren, und nachdem sie große Reisen gemacht, die Krankheit hervorbringen könnten, aufgezeigt sind diese Stoffe jedoch noch nie. Man nennt dieselben Miasmen (v. d. griech. μίασμα, Verunreinigung), und sie machen, wenn sie wirklich vorhanden sind, häufig einen Theil der Atmosphäre aus. S. d. Art. Miasmen.

Da das Verhältniß, in welchem Stickstoffgas und Sauerstoffgas in der Atmosphäre vorhanden sind, stets dasselbe ist; so sind viele Physiker geneigt, die atmosphärische Luft für eine chemische Mischung, für ein Stickstoffoxyd auf der niedrigsten Oxydationsstufe zu halten. Berzelius führt dagegen vorzüglich an, daß, wenn man 4 Theile Stickstoffgas und 1 Theil Sauerstoffgas zusammenmenge, so finde weder Temperaturveränderung, noch Veränderung des Volumens statt, man habe also gewiß nur ein Gemenge, keine chemische Mischung, und doch habe dieses Gemenge alle Eigenschaften der atmosphärischen Luft. Wie schwer es übrigens sei, überall zu unterscheiden, ob chemische Mischung oder mechanisches Gemenge stattfinde, darüber vergl. d. Art. Absorption. Ueber die Art und Weise, wie die verschiedenen Gasarten unter einander gemengt seien, sind ebenfalls verschiedene Ansichten. Einige wollen, daß die leichteren sich in die Höhe erheben, daß also die verschiedenen Gasarten nach ihrer verschiedenen Schwere über einander sich lageren. Dagegen spricht aber die Erfahrung, daß sich die Gasarten sehr leicht, und gegen die Gesetze der Schwere mit einander mengen. Wenn man eine Flasche mit Wasserstoffgas (welches leichter als atmosphärische Luft ist) mit nach unten gekehrter Oeffnung, und eine mit Kohlensäure (welche schwerer als atmosphärische Luft ist) mit nach oben gekehrter Oeffnung hinstellt, so sollte man erwarten, daß sowohl das Wasserstoffgas als die Kohlensäure in der Flasche bleiben würde, allein die Erfahrung zeigt, daß nach kurzer Zeit die Luft in beiden Flaschen gleich, nämlich atmosphärische Luft ist. Die Gasarten haben ein Bestreben, sich mit einander zu mengen. Andere Physiker, namentlich Dalton, meinen, es dehne sich jede Gasart so aus, als wenn sie eine eigene Atmosphäre bildete, ohne daß die eine von dem Druck der anderen afficirt würde. Doch hat diese Erklärungsart mit Recht großen Widerspruch gefunden, indem schon die Thatsache dagegen spricht,

Digitized by Google

Vegetation nur so lange, als die dem Pflanzenleben bekanntlich nachtheilige Sperrung den Vegetationsproceß nicht wesentlich zu stören vermochte, um im Einklange mit den durch Sauſſure erhaltenen Resultaten die stärkste Entwickelung von Sauerstoffgas zu erhalten, entzog die erzeugte Quantität dieser Gasart durch lebende Thiere, fand die allgemein anerkannte Zerlegung der Kohlensäure bestätigt und suchte durch eine, aus leicht begreiflichen Gründen nur genäherte Resultate gebende Rechnung zu beweisen, daß die Quantität des auf diese Weise erzeugten Sauerstoffgases allerdings hinreiche, den beständigen Abgang desselben zu ersetzen, um so mehr als eine Zerlegung der Kohlensäure durch die Pflanzen aus allen genauen Versuchen hervorgeht, und die größte Menge des verzehrten Sauerstoffgases in Kohlensäure und Wasser, beide zum Wachsthum und zur Ernährung der Pflanzen erforderlich, verwandelt wird.“

Grischow schließt aus von ihm angestellten Versuchen, daß die Pflanzen allerdings die Kohlensäure zerlegen, zugleich aber auch das im Sonnenlichte ausgehauchte Sauerstoffgas bei Nacht wieder verschlucken. Berzelius führt außerdem gegen die Ansicht, daß das Sauerstoffgas durch die Pflanzen ersetzt werde, noch an, daß der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre im Winter wie im Sommer, über Eisfeldern und Sandwüsten, wie über grünenden Feldern stets gleich sei. Gegen Grischow führt Muncke an, daß das in der Nacht erfolgende Wiederverzehren des Sauerstoffgases aus einem durch die (bei den Versuchen nothwendige) Einsperrung verursachten krankhaften Zustande der Pflanzen zu erklären sei; gegen Berzelius, daß die Größe des jeder Zeit verzehrten Antheils Sauerstoffgas im Verhältniß zur Menge der Luft überhaupt nur gering sei, durch Strömungen und Stürme ein stetes Mischen derselben stattfinde, und für die geringe Geschwindigkeit einer Bewegung von 6 Lieues auf Eine Stunde binnen 8 Tagen Luft vom Aequator und vom Pole zusammentreffe. So lange keine bessere Erklärung der Wiedererſetzung des Sauerstoffgehaltes der atmosphärischen Luft gefunden ist, wird die einfache von Prieſtley und Muncke, daß die Pflanzenwelt jene Ausgleichung bewirke, „als mit der Wechselwirkung der Kräfte und der Bestandtheile der Natur vollkommen im Einklange stehend,“ anzunehmen sein.

Wie das Meer Ebbe und Fluth hat, so hat auch die Atmosphäre ähnliche Bewegungen. Diese werden theils durch die Anziehung der Sonne und des Mondes, theils durch die erwärmende Kraft der Sonne verursacht. Man beobachtet diese Schwankungen der Atmosphäre an den Barometern, bei denen durch den verschiedenen Druck der Atmosphäre Veränderungen des Standes des Queckſilbers verursacht werden. S. d. Art. Barometer.

Ueber die Farbe der Atmosphäre ſ. d. A. Farbe des Himmels.

Atmosphäre der Sonne. Die Frage, ob die Sonne eine Atmosphäre habe, oder nicht, ist noch nicht entschieden. Caſſini beobachtete 1683 zuerſt das Thierkreislicht (ſ. d. Art.), und meinte, nach ihm viele andere, daß daſſelbe die Atmosphäre der Sonne sei. Dieſes Thierkreislicht erſtreckt ſich bis weit über die Erdbahn hinaus.

Digitized by Google

Nach dem schon unter dem Art. Atmosphäre der Erde erwähnten von La Place angegebenen Mittel die Höhe der Atmosphäre eines Weltkörpers (dort der Erde) zu bestimmen, nämlich als Grenze die Entfernung anzunehmen, wo die Centrifugalkraft der Schwere das Gleichgewicht hält, müßte aber die Grenze der Atmosphäre der Sonne zugleich die Bahn eines Planeten sein, dessen Umlaufszeit der Zeit gleich wäre, in der sich die Sonne um ihre Axe bewegt, also 25½ Tage. Hiernach kann die Sonnenatmosphäre nicht bis an die Bahn des Merkur (der über 87 Tage zu Vollendung seiner Bahn braucht) reichen. Das Thierkreislicht ist also nicht die Atmosphäre der Sonne.

Atmosphäre des Mondes. Auch vom Monde weiß man noch nicht gewiß, ob er eine Atmosphäre habe oder nicht. Viele sind schon deswegen geneigt, eine Atmosphäre des Mondes anzunehmen, weil sie glauben, daß auf demselben alles ähnlich wie auf der Erde sei. Bei der totalen Sonnenfinsterniß im J. 1715 wollte Louville Blitze auf dem dunkeln Monde gesehen haben, und schloß daraus mit großer Zuversicht auf das Vorhandensein einer Atmosphäre des Mondes. Die Erscheinung, welche Louville beobachtete, war aber entweder eine Täuschung der Augen, oder eine Erscheinung in der Erdatmosphäre, wie auch die Sternschnuppen nicht von den Sternen abfliegen. Die Blitze müßten ungeheuer sein, die in einer so großen Entfernung noch wahrgenommen würden. Ferner hat man bei Sonnenfinsternissen zuweilen (z. B. bei der erwähnten von 1715) einen hellen Ring um den Mond bemerkt und diesen für die Atmosphäre desselben angesehen. Allein dieser Ring entsteht nach Bode in unserer Atmosphäre. Da nämlich der Schatten des Mondes immer nur einen kleinen Theil unserer Atmosphäre bedeckt, so sehen wir, wenn wir das Auge auf die verfinsterte Sonne richten, zugleich auf die benachbarten erleuchteten Theile unserer Atmosphäre, in welcher die Dünste, die das Licht zurückwerfen, uns eben so wie die Sonnenstäubchen in dem Lichtstrahle, welcher in ein übrigens dunkles Zimmer fällt, erleuchtet erscheinen. Jemehr die Luft mit Dunsttheilchen erfüllt ist, desto stärker wird jener Ring zu sehen sein. Ueberdieß müßte die Atmosphäre des Mondes sehr groß sein, wenn sie uns in jenem Ringe erscheinen sollte, nach allen andern Beobachtungen kann aber die Atmosphäre des Mondes, wenn sie überhaupt vorhanden ist, nur sehr gering sein. Während nämlich ein Fixstern, vor welchem ein der uns näher stehenden Planeten (Venus oder Mars) vorübergeht, nach und nach schwächer gesehen wird, je näher ihm der Planet tritt, also allmählich von der Atmosphäre des Planeten verdunkelt wird; wird ein Fixstern, bei dem der Mond vorübergeht, beim Annähern desselben nicht im Geringsten getrübt, sondern verschwindet plötzlich hinter dem Rande des Mondes und tritt dann eben so plötzlich in seinem vorigen Glanze auf der andern Seite des Mondes wieder hervor. Doch wäre es möglich, daß der Mond eine Atmosphäre hätte, nur müßte dieselbe viel schwächer als die der Erde sein. Dieß ist auch durch Schröter's Beobachtungen wahrscheinlich geworden. Schröter hat nämlich kurz vor und nach dem Neumonde über die Spitzen des Mondes heraus ein mattes Zwie-

Digitized by Google

licht entdeckt, und daraus die Höhe der Atmosphäre des Mondes, die noch stark genug ist, das Licht zurückzuwerfen, zu 800 Fuß berechnet. Die beobachtete Erscheinung beschreibt er folgendermaßen: „Mit völlicher Deutlichkeit und Schärfe liefen beide Hörnerspitzen sehr fein und matt, fast gar nicht unterbrochen, ab, von der dunkeln Seite war aber noch nichts zu bemerken. Auf einmal aber fing die dunkle Halbkugel, aber bloß am Rande und bloß an beiden Hörnerspitzen auf einige Grade weit an sich zu entwickeln; dieser Rand hatte eine ganz andere Farbe als die äußersten Hörnerspitzen, und fiel, ganz wie es die Dämmerung fordert, immer matter ab. Von der ganzen übrigen dunkeln Halbkugel war nichts zu sehen, und erst 8 Minuten später ward (bei abnehmender Tageshelle) der übrige Rand der dunkeln Halbkugel sichtbar." Auch erscheinen die Berge des Mondes in einem matteren Lichte, wenn sie nahe an der Lichtgrenze liegen, wo ihnen die Sonne eben auf oder untergeht, als wenn sie tief in der beleuchteten Seite des Mondes liegen, weil die Sonnenstrahlen dort einen längeren Weg durch die untere dichtere Atmosphäre des Randes nehmen müssen, während sie dieselbe in einer darauf senkrechten Richtung auf einem viel kürzeren Wege durchschneiden. Endlich hat man auch, obwohl nur schwache, Abänderungen an der Oberfläche des Mondes bemerkt, die unseren Wolken ähnlich zu sein scheinen, und die Gestalt und Farbe der Flecken und Berge oft so ändern, daß die Schatten der letzteren auf die Seite, auf welcher die Sonne steht, zu fallen scheinen, durch welches alles die Existenz einer, obschon schwachen und sehr feinen Mondatmosphäre sehr wahrscheinlich wird. So bemerkte Schröter in einer Gegend des mare crisium, daß ein kleiner länglicher Berg, den er schon oft daselbst beobachtet, sich auf einmal in einen runden Kraterberg verwandelt hatte. Bei der nächsten Beobachtung fand er indeß den ehemaligen länglichen Berg wieder, und später zeigte sich ihm dieser Gegenstand, außer noch andern kleinen Umständen, wieder in der Kraterform. Oft wechselten diese Erscheinungen binnen 15 Stunden, so daß früh der längliche Berg, Abends der Krater zu sehen war. An einen Einfluß des Sonnenstandes war also dabei nicht zu denken. Auch bemerkte Schröter in der Nachbarschaft dieses Punktes noch andere Veränderungen, z. B. eine graue bergähnliche Masse in einer sonst nur als Ebne bekannten Gegend; zu einer andern Zeit einen schwarzen Schatten auf ungewöhnliche Weise in einem Krater, und wieder unerwartete Lichtstreifen durch die ganze graue Fläche des mare crisium, und dergl. m. Schröter nimmt nun an, daß jener Berg wirklich ein Krater sei, der aber durch Verdichtungen der Mondatmosphäre, die in seiner Nähe sehr häufig zu sein scheinen, jenes veränderliche Ansehen erhält. Diese Verdichtungen mögen oft nur bloße Rauchwolken sein, die aus der Tiefe der Krater emporsteigen und sich dann neben ihnen lagern. Auch der Berg de la Hire des Regenmeeres zeigt solche veränderliche Gestalten. Oft scheinen sich die Wolken der Mondatmosphäre, jedoch nur in den niedrigern Gegenden, über bedeutende Flächen zu erstrecken. So erscheint z. B. die mehr als 100 Geviertmeilen große Fläche Cleomedes zu einer Zeit hell, zu einer andern bei dem nämlichen Stande der

Digitized by Google

Sonne, grau. In einigen Gegenden scheinen diese Veränderungen bloß nach Sonnenuntergang Statt zu finden. Der äußerst helle Fleck Proklus ist fast nie in der Nachtseite des Mondes aufzufinden, ungeachtet man in dieser andere, weniger helle Flecke deutlich wahrnehmen kann. Er scheint also während der Nacht des Mondes durch eine Verdichtung der Atmosphäre verhüllt zu werden, auf die Art, wie manche Erdgegenden zur Nachtzeit ein dichter Nebel bedeckt. Diese Mondnebel werden auch noch dadurch sehr wahrscheinlich gemacht, daß manche Berge und Krater ihre eigentliche Form erst einige Zeit nach dem Aufgang der Sonne annehmen. Sie sind also früher durch Morgennebel verhüllt.

Atmosphäre der Planeten, s. unt. d. einzelnen Planeten.

Atome (v. d. griech. ἄτομος unzerschneidbar) nennt man kleine, nicht weiter theilbare Theile der Materie, aus welchen man sich dieselbe zusammengesetzt denkt. Die Meinung, daß alle Materie aus solchen kleinen untheilbaren Theilen zusammengesetzt sei, ist sehr alt, wiewohl man solche Theile noch nirgends hat nachweisen können. Schon Moschus, der vor dem trojanischen Kriege gelebt haben soll, soll dieselbe gehabt haben. Leukipp (510 v. Chr.) und Demokrit (494 v. Chr.) lehrten, daß die gange Welt aus einer Menge verschiedenartiger Atome (die Seele aus Atomen feinerer Art) zusammengesetzt sei. Diese atomistische Lehre wurde durch Epikur und Lukrez weiter ausgebildet.

Noch jetzt theilen sich die Physiker in Atomisten und Dynamiker. Die erstern behaupten, die Materie bestehe aus kleinen, aber doch ausgedehnten, nicht zusammendrückbaren und untheilbaren, dabei verschieden geformten Theilen. Ueber die Dynamiker s. d. Art. Dynamik. Durch mechanische Theilung kann man übrigens auf keine Weise zu Atomen gelangen. Wie unbegreiflich klein die Atome sein müßten, kann man aus Beispielen nehmen, wie dieses, daß 1 Gran Moschus 320 Quadrillionen Theile gibt, deren jeder noch durch den Geruch bemerkt wird. Die Chemiker pflegen sich des Wortes Atome zu bedienen, um die Verhältnisse zu bezeichnen, in denen die Körper chemische Verbindungen eingehen. So sagt man, ein Atom Schwefel bilde in Verbindung mit 3 Atomen Sauerstoff 1 Atom Schwefelsäure.

Atropin ist ein organisches Alkali, welches 1819 Brandes entdeckte. Es findet sich in der Tollkirsche (Atropa Belladonna). Dasselbe krystallisirt in weißen glänzenden Nadeln, oft erhält man es auch in wachsartigen unregelmäßigen Klümpchen. Es ist so wie die Atropinsalze, die es mit Säuren bildet, sehr giftig.

Aufgang und Untergang der Gestirne nennt man die Erscheinung derselben über dem Horizont und das Verschwinden derselben unter demselben. Da das Himmelsgewölbe sich um die Pole zu drehen scheint, in unsern Gegenden aber der Nordpol sich über dem Horizont erhebt, so giebt es für uns eine große Menge von Sternen, welche niemals weder auf- noch untergehen, sondern sich nur kreisförmig um den Pol herumbewegen. Da die scheinbare Bewegung der Himmelskugel von Osten nach Westen geschieht, so liegen alle Aufgangspunkte der Sterne auf der Ostseite des Horizonts, und alle Untergangspunkte

Digitized by Google

derselben auf der Westseite des Horizonts. Da ferner sowohl die Aufgangspunkte als die Untergangspunkte der Sterne sämmtlich in der Kreislinie des Horizonts liegen, so geht ein Stern auf, und geht unter, wenn sein Abstand vom Scheitel 90 Grad ist.

Besonders zu erwähnen sind noch die sogenannten poetischen Auf- und Untergänge der Gestirne, so genannt, weil ihrer häufig von griechischen und römischen Dichtern Erwähnung gethan wird. Die Alten beobachteten nämlich, wenn derselbe Stern mit der Sonne zugleich auf- oder unterging, oder aus ihren Strahlen hervortretend wieder sichtbar wurde. Aus derartigen Beobachtungen gingen die erstern richtigern Bestimmungen des Sonnenjahres hervor. Zugleich mit der Zeit, in welcher der Sirius aus den Strahlen der Sonne hervortrat, begann die Ueberschwemmung des Nils in Aegypten und aus der Beobachtung dieser Erscheinung bestimmten die Aegypter ihr Sonnenjahr (das pharaonische Jahr) zu 365¼ Tagen, und begannen dasselbe mit dem Aufgange des Sirius.

Unter den poetischen Auf- und Untergängen sind drei verschiedene Erscheinungen begriffen:

1) Der kosmische Auf- und Untergang fällt mit dem Aufgange der Sonne zusammen. Ein Stern geht nämlich kosmisch auf, wenn er mit der Sonne zugleich aufgeht, und geht kosmisch unter, wenn er mit dem Aufgange der Sonne untergeht. Für die Sterne in der Ekliptik liegt der kosmische Aufgang 6 Monate von dem kosmischen Untergange. So geht z. B. der Regulus am 20. August kosmisch auf, und am 13. Februar kosmisch unter. Der kosmische Aufgang dieser Sterne tritt bei ihrer Conjunction mit der Sonne ein, ihr kosmischer Untergang bei ihrer Opposition. Bei Sternen, die den nördlichen Zeichen der Ekliptik entsprechen und zugleich eine nördliche Breite haben, beträgt die Zeit vom kosmischen Aufgange bis zum kosmischen Untergange mehr als ein halbes Jahr; bei Sternen, die eine Länge von weniger als 180 Grad und zugleich südliche Breite haben, beträgt die Zeit vom kosmischen Aufgange bis zum kosmischen Untergange weniger als ein halbes Jahr.

2) Der heliakische Aufgang ist das Hervortreten aus den Sonnenstrahlen, wenn ein Stern so weit noch vor der Sonne aufgeht, daß er in der ersten schwachen Morgendämmerung gesehen werden kann; der heliakische Untergang dagegen ist das Verschwinden in den Sonnenstrahlen, wenn der Stern Abends am westlichen Himmel gleich nach oder in der Dämmerung erscheinend unter den Horizont herabsinkt. Wegen des Fortrückens der Sonne am Himmel unter den Sternen tritt bei letzteren der Untergang ein, wenn ihnen die Sonne so nahe kommt, daß sie in der Abenddämmerung kaum noch sichtbar sind und sich ganz verlieren, der Aufgang aber, wenn die Sonne sie so weit hinter sich läßt, daß sie in der beginnenden Morgendämmerung sichtbar zu werden anfangen. Bei Berechnung des heliakischen Auf- und Unterganges kommt es darauf an, von welcher Größe ein Stern ist. Sterne erster Größe werden etwas sichtbar, wenn die Sonne 10 Grade unter dem Horizonte ist; man wird also bei einem Sterne dieser

Digitized by Google

Art den Punkt der Ekliptik zu berechnen haben, welcher beim Aufgange desselben 10 Grad unter dem östlichen Horizonte ist, und den Punkt der Ekliptik, welcher beim Untergange des Sternes 10 Grad unter dem westlichen Horizonte ist; die Tage, in denen die Sonne in jenen Punkten eintrifft, sind die Tage des heliakischen Aufganges und Unterganges des Sternes. Da bei veränderter Polhöhe andere Punkte der Ekliptik 10 Grad unter dem Horizonte sind, so sind auch die Zeiten des heliakischen Auf- und Unterganges eines Sternes für verschiedene Orte verschieden; und da wegen Fortrückung des Nachtgleichenpunktes auf der Ekliptik in Jahrhunderten die Pole des Himmels selbst sich ändern, so ändern sich auch für einen bestimmten Ort die Zeitpunkte des heliakischen Auf- und Unterganges eines Sternes. Um daher Stellen alter Schriftsteller, in denen des heliakischen Auf- oder Unterganges eines Gestirnes erwähnt wird, richtig zu verstehen, muß man Ort und Zeit kennen, auf welche sich jene Angabe bezieht. Doch nahmen die alten Schriftsteller selbst auf die verschiedenen Zeiten und Orte mitunter wenig Rücksicht.

3) Der akronyktische Auf- und Untergang der Sterne ist, wenn sie beim Untergange der Sonne auf- und untergehen. Bei den in der Ekliptik stehenden Sternen ist die Zeit ihres akronyktischen Unterganges dieselbe wie die ihres kosmischen Aufganges. Bei Sternen, welche nördlich von der Ekliptik stehen, tritt der kosmische Aufgang früher ein als bei den unter gleicher Länge der Ekliptik nahe stehenden, der akronyktische Untergang dagegen später. Der akronyktische Aufgang ist von dem kosmischen Aufgange ein halbes Jahr entfernt.

Auflösung ist eine chemische Arbeit, bei welcher Mischungen und Scheidungen eintreten. Sie findet auf nassem Wege, besonders bei Bildung der Salze statt. Auf trockenem Wege geschieht sie durch Schmelzung. Manche Körper durchdringen sich bei gewöhnlicher Temperatur, bei der bloßen Berührung, andere, schwer auflösliche erst bei einem höheren Wärmegrad. Der aufzulösende Körper tritt alsdann in Verbindung mit einem Bestandtheile des Auflösungsmittels. Wenn die ausgeschiedenen Körper Luft- oder Gasarten sind, so entwickeln sich dieselben in Gestalt von Blasen und steigen in der Flüssigkeit auf. Diese Erscheinung heißt das Aufbrausen. Eine Auflösung heißt gesättigt, wenn soviel von dem aufzulösenden Körper durch das Auflösungsmittel aufgenommen worden ist, als das letzte aufzunehmen vermag. Mit der Sättigung hört sodann die Einwirkung der Körper auf einander auf. S. d. Art. Lösung.

Auge des Menschen. Das Organ des Gesichts, durch welches wir zur Vorstellung der Größe, Form, Lage, Entfernung, Bewegung, Farbe u. s. w. eines Körpers gelangen, ist der Augapfel. Er bildet, von allen seinen außerwesentlichen Theilen getrennt, eine fast vollkommene, aus mehr oder weniger festen Häuten bestehende Kugel, die mit verschiedenartigen Flüssigkeiten angefüllt ist, und besonders von vorn herein aus Massen besteht, welche in einem hohen Grade durchsichtig sind. Zuerst von den Theilen, welche nur mittelbar zum Auge gehö-

Digitized by Google

ren, von seinen Umgebungen, dann von seinen Häuten und endlich von den Flüssigkeiten, welche dieselben enthalten.

Der Augapfel hat seinen Sitz in der kegelförmigen mit reichlichem Fett und Zellgewebe versehenen Augenhöhle, die durch verschiedene Knochen des Schädels und Gesichts gebildet wird. Sechs Muskeln, deren vier gerade, zwei aber schief sich an demselben ansetzen, geben ihm seine große Beweglichkeit nach allen Richtungen hin. Alle entspringen von den knöchernen Wendungen der Augenhöhle, und heften sich mit ihren Sehnen der vordern Hemisphäre des Augapfels an. Einer zieht ihn nach oben, ein anderer nach unten, einer nach außen, ein anderer nach innen, einer schief aufwärts nach innen, ein anderer schief aufwärts nach außen. Da sie sich einander entgegengesetzt sind, so zieht sich bei Bewegungen der eine zusammen, während der andere sich ausdehnt. Diese Muskeln wirken in beiden Augen im gesunden Zustande gleichförmig, und theilen beiden Augen eine gleichförmige Bewegung mit, so daß, wenn das eine rechts oder links, auf- oder abwärts sieht, das andere zu gleicher Zeit die nämliche Bewegung macht, und nur wenn durch fehlerhafte Gewohnheit oder Krankheit ihre Sympathie gestört wird, richtet sich das eine Auge nach einer andern Seite, wie das andere, und dieß ist es, was man Schielen nennt. Der Nutzen, daß sich beide Augen immer gleichförmig bewegen, besteht ohne Zweifel darin, daß wir mit beiden Augen immer nur einen Gegenstand, und zwar einfach sehen; zwingt man eins von beiden Augen durch Druck mit dem Finger oder dergl. zu einer andern Richtung, so sieht man zwar den Gegenstand doppelt, aber auch um so undeutlicher. Doch nicht allein zu den Bewegungen zur Seite, und nach oben und unten, dienen diese Muskeln, sondern auch dazu, um in ihrer gesammten Thätigkeit oder gemeinsamen Spannung, den Augapfel sowohl tiefer in die Augenhöhle zu ziehen und dadurch gegen äußere Gewaltthätigkeiten zu schützen, als auch denselben mehr hervortreten zu lassen und ihm eine veränderte Gestalt zu geben z. B. wenn ein Gegenstand scharf fixirt werden soll.

Außer diesen, dem Auge angehörigen Muskeln, liegt in der Augenhöhle noch die Thränendrüse, und zwar an dem obern und vordern Theil, nach dem Schlafe zu. Diese Drüse bereitet die Thränen, eine wäßrige Feuchtigkeit von etwas fadem und salzigem Geschmack und etwas größerem spec. Gewicht, als das des Wassers. Nach Fourcroy und Vauquelin, welche sich die zur Untersuchung nöthige Menge von solchen Personen verschafften, deren Augen leicht in der Kälte thränen, sind die Thränen zusammengesetzt aus 0,96 Feuchtigkeit und 0,4 folgender fester Materien: Spuren von ätzendem Natron, phosphorsaurem Kalk und Natron und Thierschleim, der durch die Wirkung der atmosphärischen Luft oder des Sauerstoffs im Wasser unauflöslich war, und den der Weingeist niederschlug. Jacquin glaubt sie gebildet von Wasser, Natron, wasserstoffchlorinsaurem Natron, Gluten, phosphorsaurem Kalk und Natron. Nach Pearson enthalten sie kein Natron, sondern Kali. Wenn die Thränenfeuchtigkeit in einem flachen Gefäße an die trockene Luft zur Abdünstung gestellt wird, so

Digitized by Google

verändert sich der im Wasser unauflösliche Stoff, der Thränenstoff, nach Berzelius, in einen gelblichen Schleim, welcher sich ganz wie der Nasenschleim verhält. Eine ähnliche Veränderung erleiden die Thränen im Thränensack, wenn sie daraus abzufließen verhindert werden. Die Thränendrüse sondert beständig, selbst wenn wir nicht weinen, Thränen ab, die den großen Nutzen haben, das Auge stets feucht zu erhalten, und die etwa hineingekommenen fremden Körper heraus zu spülen.

Zum Schutz gegen die Berührung fremder Körper, durch die das Auge verletzt werden könnte, ist es von außen durch die Augenlieder bedeckt, welche sich vermöge des gemeinschaftlichen Kreismuskels, und des nur dem obern Augenliede angehörigen Aufhebemuskels außerordentlich schnell öffnen und schließen können. Letzteres thun sie beim Schlafe, bei Annäherung schädlicher, dem Auge Gefahr drohender Dinge, oder sobald die Augen trocken werden, eine Bewegung, die meist unwillkührlich ist und so schnell geschieht, daß sie das Sehen gar nicht beeinträchtigt, weil der Eindruck, den ein Bild auf unsere Seele macht, nicht so schnell wieder verschwindet, als dasselbe sich dem Sehorgan wieder darstellt. Die Augenlieder öffnen sich dabei auch nur so weit, als nöthig ist, der gehörigen Menge von Lichtstrahlen den ungehinderten Eintritt ins Auge zu erlauben; bei zu starkem Lichte nur so weit, daß die zu große und dadurch schädlich werdende Menge desselben abgehalten wird. Damit dieser Zweck auf das vollkommenste erfüllt werde, haben die Augenlieder an ihren Rändern jedes einen länglichen Knorpel, welcher ihnen die nöthige Festigkeit giebt, und von einem Augenwinkel zum andern geht. An ihm sitzen die Augenwimpern, welche sich beim Verschließen der Augenlieder kreuzweise über einander legen, nämlich die obern nach unten, die untern nach oben. Auch die Augenbraunen wirken zu dem gemeinschaftlichen Zwecke mit, das Auge zu schützen, indem sie den von der Stirne herabfließenden Schweiß, oder Staub oder das von oben ins Auge fallende Licht, wenn es zu grell ist, abhalten.

Noch ist an dem untern Rande der Augenliederknorpel eine Reihe Drüsen bemerkbar, die eine talgarige, in Fäden ziehbare Materie absondern, wodurch die Augenlieder schlüpfrig erhalten werden. Zur fernern und letzten Beschützung des Auges, dient noch einigermaßen die innere Haut der Augenlieder, welche sich verlängert über die vordere Fläche des Auges herüberschlägt und dasselbe als eine weiße, durchsichtige Haut überzieht. Sie heißt die Bindehaut.

Der kleine rothe Punkt im innern Augenwinkel ist das Thränenwärzchen, neben welchem sich zwei ganz feine Oeffnungen, die Thränenpunkte, in jedem Augenliede einer, befinden, die die überflüssigen Thränen, welche aus der Thränendrüse durch 6 bis 8 feine Abführungsgänge an der innern Fläche des obern Augenliedes abfließen, und im Thränensee sammeln, aufsaugen, und sie durch die Thränengänge, in den Thränensack, bringen, von wo sie dann durch den Thränenkanal in den untern Nasengang gelangen.

Dieß sind die Umgebungen des Augapfels. Was diesen nun selbst

Digitized by Google

angeht, so ist die Axe, welche mitten durch das Auge von vorn nach hinten geht, beim Erwachsenen 10 bis 12 Linien lang; die übrigen Durchmesser sind ohngefähr um eine Linie kürzer; nach Sömmering verhält sich die Axe zum Querdurchmesser wie 1 : 0,95. Die einzelnen Häute, welche man beim Auge unterscheidet, sind:

1. die äußere feste od. weiße Haut od. undurchsichtige Hornhaut. Sie ist weiß, fest, pergamentartig und größtentheils undurchsichtig, bildet die eigentliche Form des Auges, schließt die übrigen Theile desselben in sich ein und dient zur Anheftung der Augenmuskeln. Sie besteht aus dicht verbundenen sehnigen Fasern oder Lamellen, ohne aber eigentlich blätterig zu sein. Nach vorn ist sie etwas dicker, wird dann dünner, und in der Gegend der Sehnerven wieder dicker, woselbst sie überhaupt am dicksten ist. Ihre äußere Oberfläche ist vorn von der Bindehaut, weiter hinten von Muskeln und Zellgewebe bedeckt, ihre innere Oberfläche wird durch ein zartes dunkelbraunes zelliges Gewebe mit der unter ihr liegenden Gefäßhaut locker verbunden. Die Ciliargefäße und Ciliarnerven durchbohren sie, und sie besitzt auch selbst Blutgefäße.

2. Die durchsichtige Hornhaut oder Hornhaut schlechthin befindet sich an dem vordern Theile des Augapfels, und hat eine größere Convexität als der übrige Augapfel. Sie ragt daher etwas hervor, so daß das Auge das Ansehn von einer Kugel erhält, an deren vorderen Seite ein Abschnitt einer kleinern Kugel befestigt ist. Der Querdurchmesser dieser Haut ist 5 Linien, der Durchmesser der Kugel, von dem sie ein Abschnitt ist, beträgt 7 bis 7½ Linien. Sie ist an die harte Haut meistens so angefügt, daß der vordere zugeschärfte Rand der harten Haut sich vor den zugeschärften Rand der Hornhaut legt. Ihre vordere convexe Oberfläche wird von der sehr dünnen, durchsichtigen mit serösen Gefäßen versehenen Bindehaut überzogen, die sich bald nach dem Tode auf der Mitte der Hornhaut abschuppt; ihre hintere concave Oberfläche wird von der sehr zarten und durchsichtigen Wasserhaut, welche sich beim Menschen vollständig von der Hornhaut trennen läßt, überzogen. Ihre bei einem jeden Individuum verschiedene Convexität hängt von der Menge der eingeschlossenen wäßrigen Feuchtigkeit ab, und vermindert sich bei zunehmendem Alter. Die Hornhaut ist dicker als die harte Haut, und besteht aus mehrern über einander liegenden Blättchen, die in ihren Zwischenräumen eine klare Feuchtigkeit enthalten, welche nach dem Tode ausschwitzt, wovon dann ihre Undurchsichtigkeit und das deutliche Einsinken der Haut kommt, die sich runzelt und faltet. Die Hornhaut schwillt im Wasser an, zieht sich im heißen Wasser, am meisten ihre mittlern Blätter, zusammen, wird dadurch und durch Einsaugung von Wasser dicker, gerinnt aber nicht wie Eiweiß. Durch Kochen verwandelt sie sich in Thierleim. — Sie enthält keine Nerven und scheint unempfindlich zu sein. Im normalen Zustande sind in ihr keine blutführenden Gefäße sichtbar, wohl aber in der Entzündung und bei krankhafter Veränderung. Sie ist völlig durchsichtig und farblos; doch bemerkt man oft bei alten Leuten in einer Entfernung von einer halben Linie von ihrem Rande einen trüben weißlichen Kreis, oder auch nur einen Abschnitt davon, arcus senilis genannt, dessen Entstehung

Digitized by Google

man der im Abnehmen begriffenen Ernährung derselben und der geringern Menge der wäßrigen Feuchtigkeit zuschreibt.

Die harte Haut und die Hornhaut als erste Hautlage des Augapfels geben demselben seine Gestalt. Die zweite Hautschicht besteht aus der Gefäßhaut und der Regenbogenhaut.

3. Die Gefäß- oder Aderhaut, liegt an der innern Seite der harten Haut, und ist mit ihr durch bräunliches Zellgewebe verbunden. Sie ist eine äußerlich bräunliche, inwendig von schwarzem Pigment überzogene, sehr gefäßreiche Haut, die nach hinten von dem Sehnerven durchbohrt wird. In der Nähe ihres vordern Randes wird sie dicker, und durch festes weißes Zellgewebe, welches der äußern Oberfläche das Ansehn eines weißen Ringes, Strahlenband, giebt, an den vordersten Theil der harten Haut befestigt. Ihre äußere Oberfläche ist mit einem braunen Ueberzuge, Augenschwarz genannt, bedeckt, der sich nicht wegnehmen läßt, aus einer unzähligen Menge von Kügelchen besteht, die durch ihre Vereinigung ein sehr feines Netz, ein wahres Häutchen bilden, und wovon die harte Haut nach dem Tode gefärbt erscheint. Ihre innere Oberfläche ist ebenso beschaffen, nur ist der Ueberzug weit dicker und dunkler, theilt aber niemals der Netzhaut ihre Farbe mit. Ganz hinten in der Nähe der Sehnerven wird dieses Pigment durch eine weißliche Zone ersetzt. Weicht man die Gefäßhaut eine Zeit lang in Wasser ein, so löst sich ihr Ueberzug los, sie wird durchsichtig, verliert viel von ihrer Farbe und bedeckt sich mit Zotten. Das Pigment widersteht der Einwirkung der Luft und der verschiedenen chemischen Reagentien eben so gut, wie die Tusche, und ist in der Nähe der Regenbogenhaut starker angehäuft. Nach den Untersuchungen von Elsässer, Gmelin und Berzelius scheint die schwarze Färbung dieser Materie von Eisenoxyd herzurühren, indem man, wenn man die Gefäßhaut eines Erwachsenen in einem Schmelztiegel von Platina calcinirt, Theilchen dieses Metalls mit dem Magnete ausziehen kann. Es ist dem Blutroth ähnlich und wird durch Chlor bläßer oder ganz entfärbt, ist aber in Wasser unauflöslich. Dieses Pigment ist ein wesentlicher Bestandtheil des Auges, und wird nicht bloß von der Gefäßhaut, sondern auch von den Ciliarfortsätzen und der Traubenhaut abgesondert. Es dient dazu, den Raum im Auge dunkel zu erhalten, vielleicht aus demselben Grunde, aus dem man die innere Oberfläche der Fernröhre schwärzt, um nämlich die durch die Seitenwände entstehende Reflexion des Lichts zu hindern. Bei alten Menschen und bei farbigen Menschen, ist es braun, nicht schwarz, bei den Mohren jedoch schwärzer, als bei den Europäern. Es fehlt selten, doch findet sein Mangel sowohl bei einzelnen Menschen (Kakerlaken) als bei mehrern Thieren, namentlich Pferden, Kaninchen, Mäusen u. s. w. Statt, ein Zustand, der mit dem Namen der Leukäthiopie belegt wird, Röthe der sonst dunkel gefärbten Theile des Auges und Lichtscheu zur Folge hat, und meistentheils mit Weißfärbung der Haut und der Haare verbunden ist.

Die Gefäßhaut hat nirgends eine fibröse Structur, bloß nahe an ihrer vordern Oeffnung bemerkt man einige strahlenartige Streifen, als

Digitized by Google

Anfänge der strahlenförmigen Fortsätze. Sie scheint ganz und gar aus einem dichten Netze arterieller und venöser Gefäße zu bestehen, die durch ein sehr feines und zelliges Gewebe zu einer Haut vereinigt werden. Die Schlagadern, welche aus der Augenschlagader entspringen, vertheilen sich hauptsächlich, wie es Hebenstreit und Zinn dargethan haben, an ihrer äußern Oberfläche, die Venen an ihrer innern. Die Schlagadern theilen sich in der Gefäßhaut unter spitzen Winkeln baumartig und endigen sich bald als fast gleich dicke cylindrische Reiser, die häufig unter einander zusammenmünden und in ein Netz von Blutadern von derselben Beschaffenheit übergehen, aus dem an vier Stellen größere Venen als vasa vorticosa ihren Anfang nehmen. Das aus den gleich dicken verflochtenen kleinsten Arterien und Venen gebildete Netz zieht sich auf den größeren Zweigen der Arterien und Venen so hin, daß es gleichsam eine eigene feine Schicht auf der concaven Oberfläche der Gefäßhaut bildet, die man auch wohl stellenweise besonders durch Einweichung, wie ein Blättchen lostrennen kann, aber nicht für eine besondere Haut halten darf, obwohl es Ruysch angenommen zu haben scheint und sogar sein Sohn diesem Blatte den Namen Membrana Ruyschiana beigelegt hat. Man hat ebenfalls nicht mehr Grund, mit Stier und Döllinger eine sogenannte tunica villoso-glandulosa oder membrana supra orochnoidea anzunehmen, die an der äußern Fläche der Gefäßhaut gelegen, die zweite von den mittleren Häuten des Auges sein und unter die serösen Häute gehören würde. Auch haben die sorgfältigsten Untersuchungen weder Drüsen, noch Schleimbälge in der Aderhaut erkennen lassen. Bauer will lymphatische Gefäße darin entdeckt haben, welche die Hauptarterien begleiten. Ebenso besitzt die Gefäßhaut keine Nerven, denn die Ciliarnerven laufen nur zwischen ihr und der harten Haut zur Regenbogenhaut hin.

An der innern Oberfläche der Gefäßhaut von dem Strahlenbande aus erstrecken sich nach vorn viele kleine und etwa 70 größere Falten, die gleich den Strahlen einer Sonnenblume gegen die Scheibe derselben, so gegen den Rand der Krystallinse zusammenlaufen, und sich an deren Kapsel anheften. Jede dieser Falten ist oben $1\frac{1}{2}$ Linien lang, hinten dreieckig, sehr blaß und dünn, vorn aber hervorspringender, dicker und weißer. Dieser Faltenkranz, Strahlenring oder Strahlenkörper genannt, ist inwendig von einem schwärzern Pigmente überzogen, als die übrige Gefäßhaut; seine Falten sehen, wenn das Pigment abgewaschen ist, weiß aus, sind aber sehr gefäßreich. Nach Einigen ist dieser Faltenkranz bestimmt, den Glaskörper und dadurch mittelbar die Kapsel der Linse mit derselben zu befestigen; nach Andern soll er zur Bewegung der Regenbogenhaut und zur Vorwärtsbewegung der Linse dienen; nach Ribes aber wegen der vielen Gefäße der Safterzeugung des ganzen Auges vorstehen. Zwischen dem Faltenkranz und der weißen Haut fand Fontana im Auge des Ochsen einen Canal, der auch in den Augen anderer größerer Thiere, nicht aber, wie Sömmering gezeigt hat, in dem des Menschen vorhanden ist.

4. Die Regenbogenhaut oder Blendung liegt hinter der Hornhaut ungefähr wie das Zifferblatt einer Uhr hinter dem Urglase,

Digitized by Google

und hat in der Augenaxe zum Durchgang der Lichtstrahlen eine kreisrunde Oeffnung, die Pupille. An ihrem Umfange ist sie an das Strahlenband angeheftet, ist aber nicht als eine unmittelbare Fortsetzung der Gefäßhaut anzusehen. Ihre vordere Oberfläche besteht aus zwei Zonen, die durch eine gezackte Grenze von einander geschieden werden. Die, welche die Pupille zunächst umgiebt, besteht aus Strahlen, die nach der Pupille zu convergiren. Die hintere Oberfläche ist mit einem sehr dunklen, schwarzen Pigment, wie die Gefäßhaut überzogen, zeigt strahlenförmig nach der Pupille zulaufende Linien, die durch eine Faltung ihres hintern, sehr dünnen und nicht trennbaren Ueberzugs, die Traubenhaut, zu entstehen scheinen.

Die Regenbogenhaut besteht vorzüglich aus Blutgefäßen und Nerven, die durch zartes Zellgewebe verbunden sind. Ihre Schlagadern sind die Fortsetzungen der langen Ciliarschlagadern, der Augenschlagader, die zwischen der Gefäßhaut und harten Haut zum Strahlenbande gehen, und einander gerade entgegengesetzt, sich mit strahlenförmigen Zweigen zur Regenbogenhaut verbreiten. Diese einzelnen strahlenförmigen Zweige vereinigen sich aber sowohl an dem äußern Umfange, als an dem innern Rande der Regenbogenhaut durch Seitenästchen, und bilden dadurch zwei Gefäßbogen, einen äußern und einen innern. Wahrscheinlich besitzt sie auch Saugadern, durch welche die wäßrige Feuchtigkeit wieder aufgesogen werden kann. Ihre zahlreichen Nerven entspringen aus einem besondern Nervenknoten dem Augennervenknoten der vom 5. und 3. Nervenpaar und vom sympathischen Nerven gebildet wird und an der äußern Seite des Sehnerven in der Augenhöhle liegt. Aus dem vordern Rande desselben gehen 12 bis 16 sehr dünne Ciliarnerven bis zur harten Haut hin, durchbohren diese Haut hinten, laufen zwischen der harten Haut und Gefäßhaut vorwärts zum Strahlenbande, wo sich jeder in Fäden trennt, die sich an der hintern Fläche der Regenbogenhaut verbinden und dann strahlenförmig gegen den Pupillarrand der Regenbogenhaut verbreiten. — Ob außer den Gefäßen und Nerven in der Regenbogenhaut noch besondere Fasern existiren, welche für Muskelfasern zu halten wären, darüber hat man lange gestritten. So glaubt Maunoir, daß die Regenbogenhaut muskulöser Natur sei und aus zwei Partieen von Fasern bestehe, einer äußern strahlenförmigen, welche die Pupille erweitert, und einer andern kreisförmigen, welche die Pupille verengert. Andere dagegen, wie Tiedemann und zum Theil Jennings, behaupten, sie bestehe nur aus kreisförmigen, und nicht zugleich aus strahlenförmigen Muskelfasern. So wenig man nun berechtigt ist, bestimmte Muskelfasern in der Regenbogenhaut anzunehmen, so muß man doch mit Rudolphi auf eine den Muskeln analoge Substanz derselben schließen, welche auf die Zusammenziehung derselben Einfluß zu haben scheint.

Die Regenbogenhaut ist 3 bis 4 Mal dicker als die Gefäßhaut, und in Bezug auf die Farbe sehr veränderlich, bald blau, bald grau bald grünlich, bald braun, heller oder dunkler gefärbt. Im Allgemeinen ist sie bei den nördlichen Völkern heller gefärbt, als bei den südlichen; eben so zeigt sie in der Jugend eine dunklere Färbung, als in spätern

Digitized by Google

Jahren. Zuweilen bemerkt man eine verschiedene Färbung derselben in einem und demselben Subjecte. Manchmal sind die Farben der Regenbogenhaut stellenweise aufgetragen, wodurch sie ein marmorirtes Ansehn erhält. Wiewohl nun die Farbe der Regenbogenhaut verschieden ist in den verschiedenen Subjecten, so ist sie doch in dieser Hinsicht nicht so gefärbt, daß sie dem Regenbogen an Farbe gleichkäme. Man könnte sie daher eher mit Berzelius Farbenhaut nennen. – Das färbende Pigment wird aus den Gefäßen der Regenbogenhaut abgesondert, fehlt bei den Kakerlaken, (deren Regenbogenhaut röthlich oder rosenfarben aussieht), und verändert sich im spätern Alter, so wie in Krankheiten.

Die Pupille befindet sich fast in der Mitte der Regenbogenhaut, doch liegt ihr Mittelpunkt dem innern Ende des queren Augendurchmessers näher als dem äußern. Ihr mittlerer Durchmesser beträgt 1 bis 1½ Linie.

Die Regenbogenhaut ist außerordentlich reizbar. Ihre Function besteht darin, daß, da sie wie ein Vorhang vor der Netzhaut und der Linse ausgespannt ist, sie nur eine gewisse Menge Lichtstrahlen durch die Pupille läßt, damit die Netzhaut nicht zu stark gereizt werde. Sie hat die Fähigkeit, sich zu bewegen, nicht aber, wenigstens bei dem Menschen nicht, auf eine willkührliche Weise. Die willkührliche Beweglichkeit scheint bei den Vögeln ganz allgemein zu sein, muß aber, wenn sie bei Menschen vorkommt, als Ausnahme betrachtet werden. Fontana, Kühne und Purkinje versicherten die Fertigkeit zu besitzen, die Regenbogenhaut willkührlich bewegen zu können. In der Dunkelheit und beim Sehen in die Ferne, wobei die Augen so gedreht werden, daß die Augenaxen parallel werden, so wie auch durch den Einfluß mehrerer narcotischen Mittel, z. B. des Saftes des Bilsenkrautes, der Tollkirsche, des Stechapfels u. s. w., wird die Regenbogenhaut schmal, wodurch die Pupille größer wird und so einer größern Menge von Lichtstrahlen der Weg in das Auge offen steht. Im Hellen, beim Sehen naher Gegenstände, oder wenn die Augen sonst willkührlich so gedreht werden, daß ihre Axen mehr convergiren, endlich im Schlafe wird die Regenbogenhaut breit, und folglich die Pupille klein; um so die überflüssigen und also schädlichen Strahlen abzuhalten. Aus dieser Ursache ist man, wenn man aus einem dunklen Orte in einen hellen kommt, zwar anfangs geblendet, allmählig hört aber diese Unbequemlichkeit auf, indem die Pupille anfangs erweitert ist, und zu viele Lichtstrahlen ins Auge gelangen läßt, nach und nach sich aber so verengt, daß nur die zum Sehen nothwendigen durchdringen können. So sehen wir in der Dämmerung anfangs schlechter, als nach einiger Zeit, weil die Pupille sich erst gehörig ausdehnen muß, um recht viele der schwachen Lichtstrahlen in das Auge einlassen zu können. — Man hat über die Kraft, welche die Regenbogenhaut in Thätigkeit setzt, sehr viel gestritten. Einige nehmen an, daß der Eindruck des Lichtes auf die Netzhaut die Verengerung der Pupille bewirke, andere wieder glauben, daß durch den Lichtreiz auf den Sehnerven das Seelenorgan erregt werde, und daß dieses durch die Ciliarnerven auf die Regenbogenhaut wirke, gerade wie es be blendendem Licht die Augenlieder schließen oder die Hand vor das Auge bringen

Digitized by Google

Gefäßhaut, so reicht sie nur bis zu dem hintern Umfange des Strahlenkörpers, wo ihr dicker gezahnter plötzlich endender Rand durch das durchsichtige Strahlenblättchen an die Kapsel der Krystalllinse angeheftet ist. Das Strahlenblättchen liegt demnach an der innern Seite des Strahlenkranzes, dessen Falten sich in die strahlenförmigen Vertiefungen des Strahlenblättchens legen, und an demselben, wenn sie davon entfernt werden, schwarzes Pigment hängen lassen, das einen Abdruck des Strahlenkranzes bildet. Der Mitte der Hornhaut und der Pupille gegenüber, neben der Eintrittsstelle des Sehnerven ins Auge, befindet sich ein gelber Fleck, in dessen Mitte Sömmering ein kleines Loch, das Centralloch der Nervenhaut, entdeckt haben will, welches aber von Rudolphi und von Ammon bestimmt geläugnet wird. Der gelbe Fleck soll sein Dasein dem langen Eindrucke des Lichtes verdanken, indem grade diese Stelle am meisten dem Brennpunkt ausgesetzt sei. Die Nervenhaut ist in ihrer ganzen Ausbreitung, so weit Lichtstrahlen durch die Pupille Zutritt zu ihr erhalten, für Gesichtseindrücke empfänglich. Nur an der Stelle, wo sie von der Centralarterie durchbohrt und beschattet wird, findet kein Sehen Statt. Wenn wir gleich den Mechanismus des Sehens in Bezug auf die Seelenwahrnehmung als ein tiefes Geheimniß zu betrachten haben, so wissen wir doch wenigstens so viel, daß der, auf der Nervenhaut hervorgebrachte Eindruck eines Bildes in seiner vollen Regelmäßigkeit zum Sehnerven und von da zum Gehirne sich fortpflanzt.

Von allen diesen Häuten des Augapfels wird ein hohler Raum gebildet, der die brechenden Mittel des Auges enthält, nämlich vorn zwischen der Hornhaut, vor und hinter der Regenbogenhaut die wäßrige Feuchtigkeit, hinter ihr im vordern und mittlern Theile des Auges die Krystalllinse, und noch weiter hinten den Glaskörper.

6. Der Glaskörper oder die gläserne Feuchtigkeit füllt den größten Theil des Auges, den mittleren und hinteren aus, wird von der Nervenhaut umgeben, und ist bis auf eine flach vertiefte Stelle, in welcher vorn die Krystalllinse liegt, fast kugelrund. Er ist von einer äußerst zarten und durchsichtigen Haut der Glashaut, umgeben, die sich nach innen fortsetzt und viele kleine und durchsichtige Zellen bildet, die mit einem vollkommen durchsichtigen Stoffe, der Glasfeuchtigkeit, angefüllt sind. Vorn theilt sich die Glashaut in zwei Blätter; das eine geht als feines Häutchen zwischen dem Strahlenkörper und der gläsernen Feuchtigkeit bis an die Krystalllinse, und fügt sich in deren Kapsel ein, das andere kleidet die Vertiefung aus, welche die Krystalllinse nach hinten aufnimmt. Durch Einblasen von Luft läßt sich vorn zwischen dem Strahlenblättchen, der Linsenkapsel und Glashaut ein Canal darstellen, der dreiseitig, ringförmig und nach der Schlafseite zu breiter ist, als nach der Nase hin. Er heißt der Petitsche Canal, und sein Nutzen ist bis jetzt noch unbekannt. Der Glaskörper erhält seine Gefäße von den Centralgefäßen der Nervenhaut, welche von hinten in ihn eintreten und sich in der Glashaut verbreiten. Aus diesen wird die Glasfeuchtigkeit abgesondert. Er be-

Digitized by Google

sitzt keine Nerven. Nach Einigen, z. B. Steifensand, ist der Glaskörper bloß dazu bestimmt, als zwischentretendes Mittel die möglichst große Ausbreitung der Nervenhaut in bestimmter Entfernung und bestimmtem Verhältnisse zur Linse und diese selbst in ihrer Lage zu unterstützen; allein er mag wohl auch noch den Zweck haben, daß er als ein dünneres Medium oder Mittel die Ausbreitung der Strahlen, die aus dem Brennpunkte in verkehrter Ordnung auseinander gehen, begünstigt, und in Verbindung mit der wäßrigen Feuchtigkeit und der Krystallinse bewirkt, daß die Bilder, welche auf der Nervenhaut entstehen, mit den eigenthümlichen Farben der Körper, von denen sie ausgehen, gefärbt erscheinen.

Die Glasfeuchtigkeit ist beim ungebornen, wie beim gebornen Menschen ganz durchsichtig und farblos, so klebrig wie Eiweiß und diesem ähnlicher, als dem Glase. Ihr specifisches Gewicht verhält sich gegen das des Wassers nach Wintringham wie 1,0024 : 1,0000, nach Chenevix aber beträgt es 1,0053. Nach Nicolas ist ihr Gewicht 1,0009, nach Brewster hingegen 1,3394. Ihre Dichtigkeit verhält sich zu jener der Krystalllinse, wie 9 : 10 oder 7 : 8. Sie ist folglich etwas dichter, als die wäßrige Feuchtigkeit. Ihre Menge steht mit der Größe des Glaskörpers in Verhältniß, und beträgt nicht unter 100 Gr.; oft aber übersteigt sie diese noch. In Bezug auf das Verhältniß der brechenden Kraft, verhält sich das der Luft zu der der Glasfeuchtigkeit, wie 1,0 : 1,3394. Nach Chenevix enthält die Glasfeuchtigkeit überhaupt Wasser, Eiweißstoff, Gallerte und salzsaures Natron, wozu nach Fourcroy noch phosphorsaurer Kalk kommt. Berzelius fand darin 98,40 Wasser, 0,16 Eiweißstoff, 0,02 Natron mit einer in Wasser, nicht aber in Weingeist löslichen thierischen Materie, 1,42 milchsaure und salzsaure Kalien. An der freien Luft geht die Glasfeuchtigkeit in Fäulniß über; gerinnt nicht beim Kochen, sondern nimmt blos eine schwache Opalfarbe an, was auch durch Weingeist und concentrirte Säuren bewirkt wird.

7. Die Krystalllinse ist fast halb so dick, als sie breit oder hoch ist und ihre Höhe ist etwas geringer, als die der Hornhaut. Sie ist die consistenteste Feuchtigkeit im Auge und liegt in einer entsprechenden Grube der vordern Seite des Glaskörpers. Beim Menschenembryo ist sie fast kugelrund, beim gebornen Menschen aber hat sie die Gestalt einer Linse, deren vordere Oberfläche aber weniger conver ist, als die hintere. Die Krümmung der vordern Oberfläche ist das Segment einer Kugel von 6 bis 9 Linien, während die der hintern Oberfläche das Segment einer Kugel von ohngefähr 5 Linien bildet. Ihre Substanz ist mehr oder weniger weich und verdichtet sich bei zunehmendem Alter. Ihre Dichtigkeit scheint allmählig vom Umkreise nach dem Mittelpunkte zu wachsen, da der innerste Theil, der Kern, der allerdichteste ist. Im Greisenauge ist sie platter und härter, ja bisweilen verknöchert. Bei dem Fötus ist die Krystalllinse noch trübe und röthlich von Farbe, bei neugebornen und jüngern Personen völlig durchsichtig und farblos; vom 25. Lebensjahre an nimmt sie eine mehr gelbliche Farbe an, und wird in der Folge einem Topas immer

Digitized by Google

ähnlicher. Ihr Mittelpunkt ist indessen immer tiefer gelb. Sie läßt sich sehr leicht durch Einweichung, durch Säuren oder bei lebenden Thieren, wenn man sie durch concentrirtes Licht blendet, in drei ziemlich regelmäßige Kegelsegmente trennen, in deren Mittelpunkte sich eine sehr kleine durchsichtige Kugel befindet. Zuweilen bemerkt man sowohl in jungen wie ältern Subjecten, die am grauen Staar leiden, daß die verdunkelte Linse in drei solcher Stücke zerspalten ist. Jedes Segment läßt sich in viele kleine Schichten, die wie die einer Zwiebel concentrisch liegen, äußerlich weicher und nach der Mitte zu dichter sind, zertheilen. Durch künstliche Behandlung werden auch Fasern an jeder Schicht sichtbar. Gewöhnlich ist die Krystalllinse 4 bis 4½ Gran schwer. Ihr specifisches Gewicht ist nach Chenevix 1,079. Das Gewichtsverhältniß zwischen ihr und dem Glaskörper ist wie 1,106 : 2,58; ihre Dichtigkeit im Ganzen verhält sich nach Einigen zu jener des Wassers wie 1106 : 1000, ihr Kern insbesondere wie 1148 : 1000, zu der des Glaskörpers aber wie 10 : 9. Die brechende Kraft der Luft verhält sich nach Brewster zu dem der äußern Hülle der Krystalllinse wie 1,0 : 1,3767, zu der des Centrums derselben wie 1,0 : 1,3990. Die Substanz der Krystalllinse enthält viel Wasser, ferner in größter Menge eine eigenthümliche, im kalten Wasser lösliche, durchsichtige Materie, die in der Wärme wie Eiweißstoff gerinnt und wie das Blutroth Eisen enthält. Gekocht gibt sie keinen oder unbedeutend wenig Leim her, nämlich 1,3 Procent in Wasser lösliche Materie, wohl aber enthält sie Osmazom, salzsaure und milchsaure Salze und unauflösliche Häute. 100 Theile der Krystalllinse bestehen nach Berzelius aus 35,9 eigenthümlicher Materie; 58,0 Wasser; 24 salzsauern, milchsauern Salzen und thierischer Materie in Weingeist löslich; 1,3 thierischer Materie in Wasser löslich mit einigen phosphorsauern Salzen; 2,4 zurückbleibendem unauflöslichen Zellgewebe. Die Krystalllinse enthält keine Nerven, keine sichtbaren Gefäße, weder bei ihrer Entwickelung, wo die Gefäße ihrer Kapsel schon ohne Einsprützung sichtbar sind, noch im kranken Zustande. Wahres beim Kochen Leim gebendes Zellgewebe scheint sie auch nicht zu besitzen.

Die Krystalllinse befindet sich in einer zarten durchsichtigen Kapsel, der Linsenkapsel, die in eine Vertiefung der vordern Fläche des Glaskörpers befestigt, dicker und dichter als die Glashaut ist, und nach Haller's Beobachtungen einige Aehnlichkeit in der Structur mit der Hornhaut zu haben scheint, vorzüglich an ihrer vordern Fläche, denn die hintere ist weit dünner. Sie wird durch Weingeist nicht undurchsichtig; durch Eintauchen in Säuren verhärtet sie und nimmt eine Milchfarbe an. Läßt man sie in freier Luft trocknen, so wird sie gelb. Sie enthält beim Embryo rothe Blutgefäße, beim ausgebildeten Menschen seröse Gefäße, welche Zweige der Centralschlagader der Nervenhaut und der Schlagadern des Strahlenkranzes sind. Zwischen der Kapsel und der Linse befindet sich eine sehr geringe Menge einer durchsichtigen Flüssigkeit, durch Morgagni entdeckt und nach ihm benannt, die aber zuweilen fehlen soll. Sie bespült die Krystalllinse oder diese schwimmt

Digitized by Go

vielmehr in ihr, und sie wird von den an der hintern Fläche der Kapsel verbreiteten Gefäßen abgesondert.

8. Die wäßrige Feuchtigkeit ist in dem Raume zwischen der Hornhaut und Regenbogenhaut, vordere Augenkammer, und in dem Raume zwischen der Regenbogenhaut, der Linse und den strahlenförmigen Fortsätzen, die sich am Rande der Linse befestigen, hintere Augenkammer, enthalten. In der vordern Augenkammer wird die wäßrige Feuchtigkeit bei dem Fötus von einer völlig geschlossenen Haut umgeben, wovon derjenige Theil, welcher sich über die Pupille wegzieht, die Pupillarmembran genannt, und bald als eigene Haut, bald als Fortsetzung der Regenbogenhaut betrachtet worden ist. Weil die Regenbogenhaut der Linse um mehr als die Hälfte näher steht als der Hornhaut, ist die hintere Augenkammer viel kleiner als die vordere; mittelst des Petitschen Ophthalmometers gemessen, nehmen beide Augenkammern einen Raum von 18,897 Cubiklinien ein, wovon $12\frac{3}{4}$ auf die vordere und 6,47 auf die hintere kommen. Beide Augenkammern communiciren unter einander durch die Pupille. Diese Feuchtigkeit wird höchst wahrscheinlich von der Wasserhaut, welche die innere Oberfläche der Hornhaut und wahrscheinlich auch die vordere und hintere Oberfläche der Regenbogenhaut und die vordere Wand der Kapsel überzieht, in beiden Augenkammern abgesondert, und nicht wie einige Neuere wollen, nur in der hintern durch die Ciliarfortsätze, weil sie, wie Rudolphi mit Recht bemerkt, bei dem Fötus in der vordern Augenkammer vorhanden ist, obgleich diese von der hintern dann ganz abgeschieden ist. Es ist gewöhnlich nur eine geringe Menge dieser Feuchtigkeit vorhanden, und zwar in der vordern Augenkammer etwas mehr als in der hintern, nach Jourdan in dem Verhältniß wie 5 : 3. Das specifische Gewicht derselben verhält sich zu dem des destillirten Wassers nach Bertrandi wie 975 : 1000, nach Nicolas wie 10019 : 10000, nach Chenevix beträgt es 1,0053, nach Brewster aber 1,3366, wenn das des gemeinen Wassers 1,3353 ist. Die Brechungsfähigkeit dieser Flüssigkeit ist im Verhältniß zu der des Wassers höchst unbedeutend. Die wäßrige Feuchtigkeit ist im Fötus und neugebornen Kinde noch röthlich, nach einem Monat verschwindet aber diese Farbe und sie wird ganz durchsichtig und klar, wird aber im höhern Alter wieder etwas trübe. Sie ist etwas klebrig wie Wasser, worin etwas Gummi aufgelöst ist, dessen ungeachtet läßt sie der Wärme ausgesetzt keinen Rückstand zurück, und gerinnt weder durch Säuren, noch durch Alkohol; bloß die Schwefelsäure trübt sie etwas. Fourcroy fand in derselben überhaupt außer Spuren thierischer Materie, phosphorsaures und salzsaures Natron, Brewster fand darin Gallerte, Eiweißstoff und hydrochlorsaures Natron, und Nicolas auch etwas phosphorsauren Kalk und Spuren von Kali. Nach einer Untersuchung von Berzelius besteht sie aus Natron mit speichelstoffartiger Materie 0,75, milchsauern und salzsauern Alkalien 1,15, und 98,10 Wasser.

Dieß ist das Vorzüglichste, was derjenige, welcher sich von der Beschaffenheit des Auges und der davon abhängenden Wahrnehmung

Digitized by Google

der Gegenstände, eine deutliche Vorstellung machen will, von dem Baue desselben wissen muß. Es gibt zwar an dem Auge noch Manches, vorzüglich was den Lauf und die Vertheilung der Nerven und Gefäße anbetrifft, welches unsere höchste Bewunderung verdient, allein dieses setzt zu viele Kenntnisse in der Anatomie voraus, als daß es demjenigen, welcher nicht mit dieser Wissenschaft bekannt ist, verständlich sein könnte.

Fig. 25. stellt einen etwas vergrößerten senkrechten Durchschnitt des menschlichen Auges dar, durch welchen das Verhältniß der vorzüglichsten Theile desselben versinnlicht ist.

A. Der Sehnerven.
B. Der Glaskörper.
C. Die Krystallinse in ihre Kapsel eingeschlossen.
a. Die harte Haut.
b. Die Hornhaut.
c. Die Gefäßhaut.
d. Die Nervenhaut.
e. Die Glashaut.
f. Das Ende der Gefäßhaut.
g. Das Ende der Nervenhaut.
h. Die Regenbogenhaut.
i. Der Petitsche Canal.
k. Das Strahlenblättchen.
l. Die vordere Augenkammer.
m. Die hintere Augenkammer.

Augen der Thiere. Was das Organ des Gesichts bei den verschiedenen Thierklassen betrifft, so hat die Natur mannigfache Abänderungen im Einzelnen davon gemacht, theils indem sie Theile wegließ, welche unter den Umständen, wo diese Thiere zu leben haben, unnütz wurden, theils indem sie andere besondere Einrichtungen hinzufügte, welche diesen Umständen mehr angepaßt waren. Im Allgemeinen kommt der Bau des Auges bei allen rothblütigen Thieren mit der oben angegebenen Beschreibung des menschlichen Auges überein, jedoch finden mehr oder weniger bedeutende Verschiedenheiten statt.

Die größeren Säugethiere haben verschiedene äußere Bedeckungen, die Augenlieder, welche an ihrem Rande Wimpern haben, wie z. B. die Affen, der Elephant; bei den meisten Thieren hat nur das obere Augenlied diese Wimpern. Ueber den Augen liegen noch besondere Augenbraunen, doch äußerst selten. Einige Säugethiere haben noch eine innere Augendecke, die sogenannte Nickhaut, eine halbmondförmige Haut, die sich gegen den großen und kleinen Augenwinkel ausspannt. Sie ist dreieckig; man findet sie bei Affen, Bären, Dachsen, Pferden u. s. w. und dafür fehlt ihnen die Thränenkarunkel. — Der Augapfel ist bei den wiederkäuenden Thieren mehr breit als lang. Die Hornhaut verbindet sich bei den Säugethieren beinahe bei allen oder nur mit wenigen Ausnahmen auf dieselbe Art, wie bei dem Menschen. Die harte Haut zeigt bei den meisten die verschiedene Dicke, doch häufig auf eine viel stärkere Weise, so daß sie vorn und besonders hin-

ten beträchtlich zunimmt, während der mittlere Theil viel dünner ist, so z. B. bei dem Rinde und Pferde, doch vorzüglich bei den Seehunden, wo sie selbst knorplich ist. Dagegen wird sie bei den wallfischartigen Thieren von vorn nach hinten allmählig dicker und hat hier eine sehr beträchtliche Dicke, von ½ bis 1 Zoll, und drüber. Die Gefäßhaut der meisten Säugethiere ist der menschlichen ähnlich, doch machen die Raubthiere, die Wiederkäuer, die Einhufer, Vielhufer und die Wallfischartigen dadurch eine Ausnahme, daß der hintere und innere Theil der Gefäßhaut eine lebhaftere Farbe nebst einem Metallglanze zeigt, so daß die Stelle die Tapete genannt wird. Bei den Raubthieren und Wallfischen ist die Tapete weißlich, bei den grasfressenden hingegen blau, grün, gelb u. s. w. — Die Regenbogenhaut ist bei den Säugethieren in der Farbe wenig veränderlich und die strahlenförmigen Fortsätze sind sehr entwickelt bei ihnen. Die Pupille ist bei den Vierhänder, den Nagethieren und einigen Raubthieren rund; bei den zweispaltigen, wiederkäuenden, grasfressenden Thieren quer länglich, bei den Hirschen wie ein Parallelogramm; bei dem Rochen mond- und kammförmig; bei den Katzen ist die Pupille am Tage nur eine längliche Spalte, während der Nacht aber erweitert sie sich, wird kreisförmig und erlangt eine weit größere Oeffnung. Auch sehen diese Thiere, da sie verhältnißmäßig weit mehr Lichtstrahlen zu concentriren vermögen, als der Mensch, weit besser im Dunklen. Die Pupille einiger dieser Thiere, welche eine Tapete haben, wie die Katze, der Hund, das Schaaf, hat das Eigenthümliche, daß sie in der Dämmerung unter gewissen Umständen leuchtet, welche Erscheinung nach den Versuchen von Prevost und Esser auf einer Rückstrahlung des von außen einfallenden Lichtes von der Tapete herrührt.

Bei den Säugethieren geht der Sehnerve mit seinen Fäden durch die Siebplatte der harten Haut, und dieselben breiten sich in der Netzhaut nach allen Richtungen aus, ausgenommen bei den Hasen und Kaninchen, wo er mit zwei Strängen in das Auge tritt, ohne ein Sieb zu finden, und nun nach beiden Seiten hin flammig ausstrahlt. In der Netzhaut haben einige, wie die Affen, einen gelben Fleck. Bei den weißen Kaninchen u. a. sieht diese Haut wie ein Nervennetz aus. — Die Krystalllinse ist bei allen fleischfressenden Thieren flach; weniger bei den Wiederkäuern. Die Säugethiere haben noch einen siebenten Muskel, den zurückziehenden Muskel, welcher einen verlängerten Kegel vorstellt, dessen Spitze am Sehloch sich befestigt, und dessen Basis sich zwischen den vier geraden Muskeln endigt und ausbreitet. Er zieht das Auge in die knöcherne Höhle zurück, und soll hauptsächlich das Auge der Thiere beim Weiden vor einem Vorfall bewahren. Bei den Pferden, Hunden und Katzen ist dieser Muskel in vier abgesonderte Portionen abgetheilt, so daß diese Thiere 8 Muskeln haben.

Die Augen der Vögel sind sehr groß, nehmen einen beträchtlichen Theil vom Umfange ihres Kopfes ein, stehen seitwärts, haben bewegliche Augenlieder mit Haaren am Rande, und die innere Nick- oder Blinzhaut, welche muskulös ist, wirkt wie eine doppelte Haut. Im Allgemeinen hat der Augapfel der Vögel nach hinten zu eine

Digitized by Google

sphärische, nach vorn eine flache Form, die durch den Knochenring bestimmt wird. Es legt sich nämlich ein gewöhnlich aus 15 Stücken bestehender Knochenring um den vordersten Theil der harten Haut bis an die Hornhaut. Dieser Ring ist bei den Eulen am allergrößten und sein mittlerer Theil ist eingebogen, auch liegen seine Knochenstücke mehr übereinander. Bei andern Vögeln werden sie unregelmäßiger, oft vierseitig, dreiseitig u. s. w., auch verschmelzen sie mehr. Die harte Haut wird bei den Vögeln nach hinten zu immer dicker. Die Regenbogenhaut zeigt bei den Vögeln die mannigfaltigsten, und oft sehr helle Farben. Die Pupille scheint ohne Ausnahme rund zu sein, und einige Vögel, z. B. die Papageien, haben das besondere Vermögen, ihre Pupille bei schwachem Lichte zu öffnen und zu verschließen, wenn sie von einer Leidenschaft beunruhigt werden. Im Innern des Auges ist ein besonderes Organ enthalten, das der Kamm oder schwarze Fächer, weil es mit Pigment bedeckt ist, genannt wird. Es ist eine Art Haut, ähnlich der Gefäßhaut, und wie ein Fächer gefaltet, mit dem Unterschiede, daß seine Blätter, anstatt in einem und dem nämlichen Mittelpunkt zusammen zu treffen, von verschiedenen Punkten eines gemeinschaftlichen Stiels ausgehen, nämlich aus dem Ausschnitt des Sehnerven von dessen Scheide, und ohne irgend mit der Gefäßhaut zusammen zu hängen, sich ins Innere der Glasfeuchtigkeit hinein erstrecken, fast bis hinter die Krystallinse, und sich entweder unmittelbar, oder bei einigen vielleicht mittelbar durch die Häute des Glaskörpers an die hintere Wand der Linsenkapsel setzen. Der Nutzen dieses Fächers soll der sein, daß alle Strahlen, die in der Augenaxe und in deren Nähe auf die Hornhaut fallen, ihn vorbeigehen, daß hingegen von den Strahlen, die in schiefer Richtung zur Hornhaut gelangen, ein großer Theil durch ihn aufgefangen wird. Dadurch wird das Vermögen des Sehens außerhalb der Augenaxe zwar sehr beschränkt, es ist aber auch deswegen in der Richtung der Augenaxe um so schärfer. Nach außen ist die Nervenhaut der Vögel mit einem schwarzen Schleim überzogen. Der Glaskörper ist bei ihnen von geringerer Consistenz und in geringerer Menge, als bei den übrigen Thieren vorhanden. In der größten Menge dagegen ist die wäßrige Feuchtigkeit vorhanden. Die Krystalllinse liegt in einem schwarzen kegelförmigen Beutel, ist gallertartig, und sehr flach. Dafür ist aber die Hornhaut weit convexer, zugleich verhältnißmäßig kleiner, ohne Zweifel, um die Vergrößerung der Abweichung wegen der Kugelgestalt, durch die Zunahme der Krümmung bedingt, zu verhüten. Die meisten Vögel haben am Tage, nur wenige, wie die Eulen, in der Dämmerung das schärfste Gesicht.

Die Amphibien haben denselben Bau der Augen, nur sind sie in der Größe verschieden, auch weichen sie noch in anderer Hinsicht ab. So z. B. hat das Krokodill sehr große Augen und runzliche erhabene Augenlieder. Der Augapfel ist bei ihnen groß, fast kugelförmig, ihre Augendecke ist durchsichtig, unbeweglich; nur bei dem Chamäleon ist sie am Augapfel befestigt, chagrinartig, und vor der Pupille durch eine horizontale Spalte getheilt. Die Amphibien, vorzüglich das Chamäleon,

Digitized by Google

haben das Eigene in ihrem Augapfel, daß sie denselben unabhängig nach einander nach verschiedenen Richtungen bloß durch Zusammenziehung der durchsichtigen, unbeweglichen Augendecke ohne Augenmuskeln bewegen können. Die Feuerkröte hat an der Regenbogenhaut einen mondförmigen Deckel zur Bedeckung des obern Randes der Krystalllinse und eine herzförmige Pupille. Die Frösche behalten, so lange sie im Wasser leben, den durchsichtigen Theil der innern Augendecke immer zu, nur dann, wenn sie den Kopf aufrichten, ziehen sie sich nach unten nieder, und sehen durch zwei Medien. Sie haben ebenfalls einen eigenen Muskel, der dieselbe Wirkung, wie bei den Säugethieren und Vögeln hat. Der obere goldfarbig gefranzte Rand ist fein, durchsichtig und glatt, der untere muskulös, faltig, dick. Von der Willkühr des Thiers hängt es ab, den obern Rand allein auszuspannen, oder den untern Theil so herauszuziehen, daß jener Rand in ihm eingehüllt bleibt, und das Ganze eine undurchsichtige Decke bildet. Die Frösche haben nur drei Augenmuskeln, wovon einer den Augapfel in den Grund der Augenhöhle hinabzieht, die beiden übrigen jenem aber entgegen wirken. Nur diese einzigen Bewegungen finden Statt, und zwar nur in einem Auge, indem das andere in Ruhe bleibt. Das Auge der Schildkröte hat ebenfalls einen Knochenring, doch besteht er aus wenigern und minder regelmäßigen Stücken. Er wird auch bei dem Chamäleon und andern Eidechsen gefunden, fehlt dagegen dem Krokodill. Der Fächer wird im Auge der Leguans und einiger andern Eidechsen, im Chamäleon gefunden, nicht aber bei dem Krokodill. Die Krokodille und die ins Wasser gehenden Schlangen haben kugelförmige Linsen. Auch bei dem Chamäleon nähert sich die Linse sehr der Kugelgestalt. Die Pupille ist bei den Schildkröten und Eidechsen rund, bei den Krokodillen und Schlangen vertical; dazwischen stehen, beide Formen unter einander verbindend, die Gecko's, Frösche und Salamander, deren Pupille rhomboidalisch ist, zuweilen aber fast rundlich erscheint. — Viele Amphibien sind von Natur lichtscheu, und gehen nur des Nachts hervor, ihre Nahrung zu suchen, jedoch lieben einige das Licht sehr, so z. B. die grüne Eidechse und der grüne Wasserfrosch das Tageslicht, der Laubfrosch nur das Lampenlicht.

Die Augen der Fische zeigen andere Eigenthümlichkeiten. Sie sind meist bloß und ihre Gestalt wird durch die oft ganz knöcherne Hülle bestimmt. Bei den Weich- und Schleimfischen wird das Auge mit einer ganz eigenen Haut, die so dicht wie Knorpel, aber doch durchsichtig ist, umgeben. Der Augapfel ist nach hinten zu sphärisch, nach vorn zu flach. Die harte Haut ist bei den Fischen sehr knorplich. Statt des Knochenringes haben die Gräthenfische zwei größere Knochenstücke, die bei einigen Fischen, besonders dem Thunfisch und dem Schwertfisch, so sehr anwachsen, daß nur hinten am Auge ein kleiner Theil von ihnen unbedeckt bleibt. Bei dem Stör ist eine knorpelige Hülle vorhanden. Bei den Rochen und Hayen ist dieß nicht der Fall, doch geht ihre harte Oberhaut vorn über die harte Haut weg. In Bezug auf die Gefäßhaut, lassen sich sehr deutlich zwei Platten derselben unterscheiden, indem die äußere Haut gewöhnlich einen Silberglanz

Digitized by Google

zeigt, während die innere dunkel ist, auch zwischen ihnen beiden hinten um den Sehnerven ein gefäßreicher drüsenartiger Körper liegt.

Die Pupille der Fische ist rund und bei dem Rochen mit einem, von dem obern Rande derselben abgehenden Fortsatze versehen, der sie schließen kann. Die Ciliarfortsätze mangeln dem Fischauge ebenfalls nicht, denn sie kommen im Hayfische, Thunfische, Stör, Lachs vor. Ein Fortsatz der Ruysch'schen Haut, der mit Pigment versehen ist, geht als eine sichelförmige Falte durch den Glaskörper, und setzt sich mit der sogenannten Glocke, ein dem schwarzen Fächer der Vögel ähnliches Gebilde, an die Seite der Linsenkapsel. Sonderbar ist die Bildung des Sehnerven bei einigen Gräthenfischen, wo er nämlich ein der Länge nach gefaltetes Band oder Tuch darstellt. Bei den mehrsten Fischen sind die Bündel desselben ganz oder theilweise strangförmig, bei andern sind sie fest und markig. Bei den Knorpelfischen, bildet der Sehnerve, sobald er den Augapfel durchbohrt hat, eine Scheibe, aus deren Oberfläche mehrere Nervenbündel entstehen, und die Netzhaut bilden. Die wäßrige Feuchtigkeit kommt in sehr geringer Menge vor, die gläserne dagegen in größter. Die Krystalllinse liegt bei den Fischen fast unmittelbar an der Hornhaut an, ist genau kugelrund und hat daher ein größeres Brechungsvermögen. Auch ist der Kern der Linse so hart wie Horn, und die Schuppen, welche diesen Kern bilden, trennen sich sehr leicht ohne Einweichung bloß mittelst des Messers.

Bei den Thieren dieser Classen findet man nur zwei Augen; es gibt aber auch Thiere, deren in einer mehr oder weniger großen Anzahl vorhandene Augen nur aus einer einzigen durchsichtigen und linsenförmigen Hornhaut bestehen, hinter welcher sich Nervenfäden ausbreiten. Hieher gehören die Insecten. Man bemerkt an ihnen zweierlei Arten von Augen, zusammengesetzte und einfache. Die einfachen Augen sind glatt und einzeln stehend; die zusammengesetzten liegen an beiden Seiten des Kopfs, meistens von einander entfernt, und zeigen sich wie mit Facetten zugeschnitten. Die einfachen Augen einiger Insecten enthalten eine Linse, die vorn mit einer Hornhaut, hinten mit einer faserigen Ausbreitung des Sehnerven bedeckt ist, und bei einigen liegt auf der vordern, bei andern auf der hintern Seite dieser Ausbreitung ein farbiges Pigment. Müller will bei den Arachniden und Scorpioniden nicht nur eine Hornhaut und Linse, sondern auch einen Glaskörper entdeckt haben. Bei andern Insecten gibt es entweder eine Hornhaut und Linse ohne Glaskörper, oder Linse und Glaskörper ohne Hornhaut. Zwischen der Linse und dem Sehnerven befindet sich wahrscheinlich bei allen Insecten ein Raum, der mit einer dritten Materie ausgefüllt ist. Allgemein scheint von den einfachen Insectenaugen zu gelten, daß in jedem derselben die Linse von der Mündung der becherförmigen Höhlung des Endes eines Nerven umfaßt wird, der entweder unmittelbar aus dem Gehirn entspringt, oder ein Zweig eines besondern Hirnnerven ist, dessen übrige Zweige zu den übrigen einfachen Augen gehen, und daß jene Mündung entweder bloß rings um ihren Rand, oder auch inwendig mit einem Pigment überzogen ist.

Was die zusammengesetzten Augen der Insecten anlangt, so bildet

Digitized by Google

jede Facette ein wirkliches Auge, und alle einzelnen Facetten bestehen aus Linsen, die bei einigen Insecten biconver, bei andern nur an der auswendigen Seite conver, inwendig platt sind, bei einigen Insecten, z. B. der Hornisse, sogar inwendig concav sind. Bei manchen Insecten liegt unter jeder Linse ein kegelförmiger Glaskörper, auf dessen harten Enden sich die einzelnen Zweige des Sehnerven endigen. Bei andern Insecten liegt hinter der Hornhaut eine Haut ausgebreitet, an welche die Enden der Sehnerven stoßen. Zwischen den Linsen, der Hornhaut und der Ausbreitung des Sehnerven befindet sich schwarzes Pigment so verbreitet, daß es nur den senkrecht oder ziemlich senkrecht einfallenden Strahlen eine bemerkliche Wirkung auf den Sehnerven verstattet. Sowohl die Anzahl der Facetten als ihre Figur geben einen großen Unterschied unter den Insecten ab. Die Anzahl derselben, welche auf dem Auge jeder Seite zu bemerken ist, erstreckt sich z. B. bei Blumenkäfern auf 25088; den Tagfaltern 17355, dem Holzbohrer 11300, dem Seidenspinner 6236, der Stubenfliege 4000, dem Hummer 2500, dem moluckischen Krebs 1000, der Ameise 50 u. s. w. Die Figur ist bei einigen viereckig, bei den mehrsten sechseckig, bei andern achteckig, auch rundlich. Doch ist diese Figur nicht als bestimmt anzunehmen, da sie öfters dem Auge unter verschiedenen Umständen ganz anders erscheint. Die Augen sind in den Insecten immer unbeweglich, und jedes bringt nur die Gegenstände zu Gesicht, die von selbst in das, von ihm umfaßte Sehfeld treten. Es ist schwer erklärlich, wie ein solcher Apparat deutliche Bilder zu geben vermag, weil er auf der obern Seite des Kopfs liegt, wo er ohne allen Schutz den blendenden Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, und wo kein Wahrnehmen dessen, was das Insect mit den Freßzangen oder mit den Vorderfüßen betastet, durch ihn geschehen kann. Dessen ungeachtet unterliegt es keinem Zweifel, daß er wesentlich zum Sehen bestimmt ist. Denn überzieht man die Insectenaugen mit einem schwarzen Ueberzuge, so benehmen sich diese Thiere ganz so, als wenn sie blind wären, und wissen keinem der Hindernisse, die ihnen in den Weg kommen, mehr auszuweichen.

Im Gegensatz mit diesen vielfachen Augen gibt es auch ganze Thierklassen, welche deren gar keine haben. Bei den Würmern, welche sich in den Eingeweiden anderer Thiere aufhalten, findet man keine Augen, bei den Bandwürmern sollen die 4 Saugwarzen am Kopfe die Stelle der Augen vertreten. Bei den Weichthieren findet man wahre Augen; nach Stiebel sollen die Schnecken schon ziemlich ausgebildete Augen, nämlich mit Krystalllinse, Nervenhaut, Gefäßhaut und Regenbogenhaut, aber ohne Hornhaut besitzen. Sind es wirklich Augen, welche die Schnecken auf den Fühlhörnern tragen, so wären diesen trägen Thieren, unter allen Thieren die beweglichsten Augen verliehen. Am vollkommensten ist das Auge bei dem Dintenfische, da es in einer Höhle eingeschlossen ist, und von der allgemeinen Bedeckung des Körpers, die hier durchsichtig ist, und den Augapfel bekleidet, überzogen wird. Man unterscheidet halbmondförmige Augenbraunen, eine harte Haut, Regenbogenhaut, Gefäßhaut, und eine Krystallinse.

Die Schaalthiere scheinen ebenfalls die Gesichtsfähigkeit zu haben;

Digitized by Google

bei mehrern, z. B. den Austern, Miesmuscheln sieht man auf einem besondern größern Horne zur Seite zwei Augen.

Bei den Korallen und Thierpflanzen sind keine Spuren von Gesichtsfähigkeit anzutreffen; auch den Polypen fehlen die Augen. Es bleibt immer merkwürdig, wie in den untern Thierklassen der Gesichtssinn mit dem Sinne des Getastes in Verbindung steht, und überhaupt ein größeres Verschmelzen der Verrichtungen Statt findet.

Ausdehnung ist eine allen Körpern eigenthümliche, ihnen wesentliche Eigenschaft, indem sie die nothwendige Bedingung ihres Daseins ist. Man unterscheidet drei Haupt-Richtungen oder Dimensionen (v. d. lat. dimensio, Abmessung) der Ausdehnung: Länge, Breite, Tiefe (Höhe oder Dicke). Jeder Körper muß diese drei Dimensionen haben, je nachdem aber zwei oder eine dieser Richtungen der Ausdehnung mehr oder weniger gering ist, nähert sich ein Körper mehr oder weniger der Linie (Faden, Nadeln), oder der Fläche, (Blätter, Tafeln).

Zugleich haben alle Körper die Eigenschaft, daß ihre Ausdehnung verändert werden kann, in welchem Sinne man der Ausdehnung Zusammenziehung entgegenstellt, und die Körper ausdehnbar und zusammenziehbar nennt. Der Rauminhalt eines Körpers kann hiernach ohne Veränderung seiner Masse vergrößert und verringert werden. Dieses geschieht durch Erwärmung oder Erkältung. Uebersteigt diese Erhitzung oder Erkältung eine gewisse Grenze, so ändert sich der Aggregationszustand des erhitzten Körpers, und damit nimmt er auch eine andere Ausdehnung, als er vordem hatte, an. Von dieser Erscheinung ist unter d. Art. Aggregationszustand die Rede, hier sprechen wir nur von der Ausdehnung der Körper so lange sie in Einem Aggregationszustande verharren.

Die Ausdehnung der Körper durch die Wärme findet bei allen Körpern statt und zwar so, daß alle Körper durch die Wärme nach allen Richtungen ausgedehnt werden, so daß sie ein größeres Volumen als vorher einnehmen, wenn ihre natürliche Beschaffenheit keine Veränderung erleidet. Dabei nehmen sie bei jeder Erniedrigung der Temperatur wiederum denselben Umfang ein, den sie vorher bei gleicher Temperatur einnahmen. In einzelnen Fällen findet eine Abweichung von diesem Gesetze statt. Während nämlich die meisten Körper, je mehr sie erwärmt werden, desto mehr sich ausdehnen, und umgekehrt, je mehr sie erkältet werden, desto mehr sich zusammenziehen, findet bei einigen scheinbar Zusammenziehung durch die Wärme, bei einigen scheinbar Ausdehnung durch die Kälte statt. Einige dieser Erscheinungen lassen sich leicht erklären. So z. B. daß Thon und Leder durch die Wärme zusammengezogen werden, hat seinen Grund in der durch die Wärme ausgetriebenen Feuchtigkeit. Andre Körper gehen nicht zu dem früheren Zustande der Ausdehnung zurück, wenn die frühere Temperatur hergestellt wird. Auf diese Ausnahmen werden wir weiter unten am gehörigen Orte zu sprechen kommen.

Erscheinungen, von denen die Ausdehnung zu unterscheiden ist, sind die Elasticität, d. h. diejenige Eigenschaft der Körper, nach welcher durch äußeren Druck der Zustand der Ausdehnung derselben ver-

Digitized by Google

ändert werden kann, welcher sich nach Aufhebung des Druckes mit einer größern oder geringern Kraftäußerung von Seiten der Körper wiederherstellt; ferner die Dehnbarkeit, d. h. diejenige Eigenschaft, vermöge welcher Körper durch Druck, Schlag ohne eigentliche Vermehrung ihres Rauminhaltes eine Veränderung ihrer Form, des Verhältnißes ihrer Dimensionen erleiden können; endlich die Expansibilität, d. h. das ausdehnsam flüßigen Körper eigenthümliche Bestreben sich auszubreiten. S. d. angeführten Art. Auf dem oben angeführten allgemeinen Gesetze beruht eines der wichtigsten Instrumente das Thermometer (s. d. Art.).

Die festen Körper erleiden der geringen Beweglichkeit ihrer Theile wegen die geringste Ausdehnung durch die Wärme. Daß aber dennoch Ausdehnung bei ihnen statt findet, sieht man schon daraus, daß durch die Wärme die Cohäsion der Körper vermindert wird, indem sie leichter zerbrechlich und zerreiblich werden. Noch deutlicher kann man die durch die Wärme bewirkte Ausdehnung fester Körper bemerken. Wenn man eine metallne Kugel, welche sich in gewöhnlicher Temperatur grade noch durch einen Ring hindurch ziehen läßt, erhitzt, während der Ring die frühere Temperatur behält, dann wird dieselbe Kugel sich nicht mehr durch den Ring bringen lassen, wohl aber wird dieß wieder geschehen können, nachdem die Kugel abgekühlt worden. Aehnliches findet statt bei Metallcylindern, welche genau in eine Oeffnung gepaßt sind, indem sie erhitzt nicht mehr in dieselbe passen. Von der Ausdehnung durch die Wärme kommt auch, daß Glas bei schneller Veränderung der Temperatur springt; daß wenn man einen kalten Stöpsel in eine erwärmte Flasche treibt, derselbe nach Erkaltung der Flasche nur schwer sich wieder herausziehen läßt, ferner der ungleiche Gang der Uhren im Sommer und im Winter, das Längerwerden von der Sonne erhitzten Drahtes u. s. w. Durch die Verkürzung des Pendels, dessen sich Richer 1672 in Cayenne bediente, und welche für den vermeintlichen Einfluß der höheren Temperatur zu groß gefunden wurde, wurde man zuerst veranlaßt, die Größe der Ausdehnung der verschiedenen Körper durch die Wärme genau zu messen. Zuerst unternahm Dalencé, dann Newton u. a. Messungen der Ausdehnung durch die Wärme, doch sind diese Untersuchungen sämmtlich ohne erforderliche, und später erreichte Genauigkeit angestellt. Seit Musschenbroek bedient man sich zu diesen Messungen der Pyrometer (s. d. Art.), eines von ihm erfundenen und benannten Instrumentes. Die zu messenden Metallstangen werden in einer mit Wasser gefüllten Cisterne an einem Ende befestigt, am andern Ende treiben sie mittelst einer gezahnten Stange bei ihrer Erhitzung durch das Wasser der Cisterne ein Räderwerk mit einem Zeiger herum. Das Schlottern des Räderwerks und die Einwirkung der Wärme auf dasselbe, gestatten keine große Genauigkeit bei den Untersuchungen. Eines der einfachsten Pyrometer ist folgendes: Der zu untersuchende Körper (Fig. 26) B′B ist mit seinem einen Ende B′ an einen festen Körper FF angestemmt, sein anderes Ende B berührt den kürzeren Arm eines Winkelhebers LCL′, dessen Unterstützungspunkt in C ist und dessen längerer Arm CL′ bei

Digitized by Google

der geringsten Bewegung des kürzeren Armes CL große Bogen beschreibt, deren Größe auf dem eingetheilten Viertelkreise DD gemessen werden kann. Erwärmt man nun den Körper BB', so dehnt er sich aus, und setzt dadurch den Arm CL' in Bewegung, welche Bewegung durch den Arm CL vergrößert dargestellt wird. Dieses Instrument, dessen sich Brongniart in der Porzellanfabrik zu Severs bediente, um feste Grenzpunkte für die hohen Temperaturen seiner Oefen bestimmen zu können, leidet wie das von Muschenbrök an dem Uebelstande, daß sowohl der Körper FF als der Winkelheber LCL' selbst durch die Hitze angegriffen und ausgedehnt werden. Die meisten Instrumente, deren sich andere Physiker bedient, haben mehr oder weniger denselben Mangel. Die vorzüglichsten, der von verschiedenen Physikern angewandten Apparate sind nach Muncke's Beschreibung folgende.

Ellicot's Apparat bestand aus zwei auf einem messingenen Lineal und einem dicken Mahagonybrete aufrechtstehenden Pfeilern. Gegen den einen derselben wurde das eine Ende der zu prüfenden Stange vermittelst einer starken Feder gepreßt, am andern Ende der Stange war eine feine Kette befestigt, welche, um eine sehr kleine Rolle geschlungen, diese und den an ihr befestigten 2,5 Z. langen Hebel in Bewegung setzte. Am Hebel fortlaufend zog sich die Kette über einen Kreisbogen am Ende derselben, und von da wieder über eine kleine Rolle mit einem Zeiger, welcher auf einen getheilten Kreise die Verlängerung in Graden zeigte, deren jeder $\frac{1}{7200}$ ein Z. betrug. Der freie Spielraum war durch ein Gewicht an der Kette aufgehoben. Um die Stangen jederzeit auf die nämliche Temperatur zu bringen, legte er sie auf ein durch Lampen erhitztes eisernes Lineal, dessen Wärme durch seine Ausdehnung vermittelst eines ähnlichen Apparates, als der beschriebene gemessen wurde.

Herbert wählte statt der Stangen Drähte, welche durch ein spannendes Gewicht über eine Rolle von 22 par. Lin. Durchmesser mit einem 10 Zoll langen Zeiger gezogen waren. Die Länge des Drahtes betrug das Vierfache des Umkreises der Rolle, so daß ein Grad der Eintheilung $\frac{1}{1440} = 0{,}000694$ des Ganzen gleich war, und da sich noch Viertelgrade unterscheiden ließen, so gab die Theilung $\frac{1}{5760} = 0{,}000174$ des Ganzen an. Die Zange, welche den Anfang des Drahtes faßte, und das Lagerstück der Rolle waren an einem auf die Seitenkante gelegten Brete dergestalt herausragend befestigt, daß Draht und Rolle in einen Trog mit Wasser getaucht werden konnten, welches durch eine Weingeistlampe erhitzt wurde ohne das Bret zu benetzen. Die Temperatur maß Herbert mit einem 80 theil. Queckſilberthermometer. Die Veränderung des hölzernen Bretes durch die anschlagenden Dämpfe und die Ausdehnung der Rolle scheint er nicht berücksichtigt zu haben, und die für die Ausdehnung des Silbers gefundene Größe erklärte er selbst für nicht genau, weil der Draht nach dem Erkalten den Zeiger nicht wieder auf seinen ursprünglichen Stand zurückbrachte.

Zuerst hat mit großer Genauigkeit J. Smeaton Untersuchungen über die absolute Größe der Ausdehnungen anstellt. Er verfuhr dabei auf folgende Weise. Die Stangen, deren Ausdehnung durch die

Wärme gemessen werden sollte, waren auf der einen Seite befestigt und mit ihrem anderen Ende bewegten sie die Mitte eines einarmigen durch eine Feder angedrückten Hebels, wodurch die Größe der Ausdehnung verdoppelt wurde. Am obern Ende dieses Hebels befand sich ein Schenkel, der Fühler genannt, welcher in einem Gewinde auf und abwärts beweglich war. Diesen ließ er durch sein eignes Gewicht bis in eine fast wagerechte Lage fallen, und maß dann, indem er ihn schwebend erhielt, die Vorrückung des Hebels vermittelst einer gegen den Fühler zur genauen Berührung geschrobenen Mikrometerschraube, deren Windungen vorher gemessen waren. Bei solchen Mikrometerschrauben, deren sich nach Smeatons Angabe schon Graham bediente, hängt der zu erreichende hohe Grad der Genauigkeit hauptsächlich ab, 1) von der Gleichförmigkeit der Schraubengänge; 2) von der Vermeidung des todten Ganges; 3) von der Genauigkeit der Berührung. Die erstere ist nur durch mühsame Operationen hauptsächlich durch lange Schneidkolben und immer zunehmende Feinheit der Schraubengänge vollkommen erreichbar, die zweite durch geschlitzte Muttern, die letzte suchte Smeaton durch seinen Fühler zu erhalten, bei welchem das Anschlagen besser durch das Gehör als durch das Gefühl wahrgenommen wurde. Sehr vortheilhaft wandte Smeaton zugleich auch längere Stangen von 2 F. 4 Z. e. an, und da sein Apparat $\frac{1}{2545}$ Zoll angab, so konnte er eine Genauigkeit von $\frac{1}{65660} = 0{,}00001523$ des Ganzen erreichen. Die Stangen erwärmte er in Wasser, und da er keine Substanz wußte, welche durch Wärme nicht ausgedehnt würde, so zog er vor, die Normallänge selbst eben der Temperatur auszusetzen, als die zu prüfenden Stangen und die Ausdehnung der ersteren in Rechnung zu bringen. Die Basis seines Apparates war daher eine Messingstange, welche zugleich mit in das Wasser des Troges gesenkt wurde und deren Verlängerung als Normalgröße er an einer geradfasrigen Stange trocknen Tannenholzes maß, deren Enden zur Vermeidung des Einflußes der Feuchtigkeit und zur schärferen Messung mit Messing beschlagen waren, indem sie selbst stark überfirnißt und mit Werg umwunden war. Bei der Vergleichung derselben mit der messingnen Basis befand sich nur die letztere im Wasser, die hölzerne Stange aber, die nur für den Augenblick der Beobachtung eingelegt wurde, über dem Deckel des Troges. Dessen ungeachtet wirkten die Wasserdämpfe augenblicklich auf dieselbe. Smeaton beobachtete daher vom Augenblicke des Einlegens an in genauen Zwischenräumen von einer Minute die Grade seines Mikrometers, und fand, daß die Verlängerung der hölzernen Stange im geometrischen Verhältniße zunahm, woraus er ihre ursprüngliche Länge im Augenblicke des Einlegens berechnete. Vier Versuche, die nach gehöriger Reduction innerhalb eines Mikrometergrades übereinstimmten, mithin auf 0,00001 des Ganzen genau waren, gaben die Ausdehnung der messingenen Basis = 287,5 Mikrometertheile für 166° F.

Berthoud bediente sich eines Pyrometers mit Räderwerk. Dieser Pyrometer befand sich in einem Kasten, welcher vorn durch eine Glasthüre verschlossen war, und von unten durch einen eisernen Ofen

Digitized by Google

geheizt wurde. Die festen Punkte des Instrumentes waren an einem marmornen Pfeiler befestigt, welcher 5 F. Höhe, 1 F. Breite und 5 Zoll Dicke hatte. Die Stangen hingen vertikal, und trugen an ihrem unteren Ende eine Pendellinse, welche vermittelst eines Stiftes auf den Hebel des Pyrometers wirkte. Vor jedem Versuche wurde die zu prüfende Stange in zerstoßenem Eise hinlänglich erkältet, schnell eingehängt, und mit Hülfe des Ofens bis 27 Gr. R. erwärmt. Die Vergrößerung zeigte ein Weiser auf einem Halbkreise von 5 Z. Halbmesser, der in 180 Gr. getheilt war; den schädlichen Einfluß im ersten Eingreifen hatte Berthoud durch Anwendung eines Hebels vermieden, und das Schlottern des Räderwerks durch ein spannendes Gewicht aufgehoben. Die Länge des Hebels wurde dahin berichtigt, daß der Weiser für 0,5 Lin. Verlängerung 180 Gr. durchlief, und da die Grade noch etwa eine Linie groß waren, so wäre es leicht gewesen, noch ihre Hälfte zu bemerken; er gibt jedoch seine Beobachtungen nur in 360 Theilen einer Linie an. Die Länge seiner Stangen betrug 461 Linien; die Genauigkeit ist also = 0,000006 des Ganzen. Aller angewandten Sorgfalt ungeachtet sind indeß seine Angaben etwa $\frac{1}{5}$ zu groß, welches wahrscheinlich der unsichern thermometrischen Bestimmung zuzuschreiben ist.

Eines vortrefflichen Apparates bediente sich Ramsden, um die Ausdehnung der zur Basismessung auf Hunslowheath bestimmten Stangen und Ketten zu erforschen. Zwei Prismen von Gußeisen, etwa 5 F. lang, 1,5 Z. dick, lagen 26 Z. von einander parallel in zwei mit zerstoßenem Eise gefüllten Trögen. Zwischen ihnen befand sich in der nämlichen Richtung die zu prüfende Stange auf einem Rost in einem kupfernen Troge, in welchem Wasser durch Weingeistlampen zum Kochen gebracht wurde. An den Enden dieser drei Stangen gingen Winkelstücke aufwärts, an welchen die Theile zweier Mikroskope sich befanden, obwohl ohne directe Verbindung, nämlich das eine eiserne Prisma trug ein doppeltes Ocular mit einem beweglichen Mikrometerfaden, das andere eine Marke von Kreuzfäden, deren Bild in den Brennpunkt des Oculars traf; die zu prüfende Stange aber trug das Objectiv des Mikroskops. Diese drei Theile waren von einander unabhängig, indem die Röhren der 20 Z. langen Mikroskope quer durchschnitten waren. Vermittelst einer fein und genau getheilten Scale wurde der Werth eines Schraubenganges am Mikrometer = 0,014 e. Z. gefunden. Ein Hunderttheil eines Zolles Bewegung der Objectivlinse durch die Veränderung der zu prüfenden Stange betrug 3,206 Umdrehungen der Mikrometerschraube, und da eine Umdrehung des Mikrometers 0,00312 e. Z. oder 0,00293 fr. Z., ein Hunderttheil also 0,0000293 Z. betrug, so gab dieses für die Länge der größtentheils 5 e. F. langen Stangen einen 60 Mal kleineren Raum, oder 5 Millionth. des Ganzen. Jedes der Mikroskope erforderte einen eigenen Beobachter, deren einer durch eine sanfte Bewegung den Anfangspunkt der Stange in seiner Lage erhielt, während der andere mit dem mikrometrischen Mikroskope die Verlängerung maß. Außerdem mußte noch ein Gehülfe den Rost, auf welchem die zu prüfende Stange lag, weil er durch die Wärme sich etwas einbog, vermittelst einer die Mitte unterstützenden Schraube so

Digitized by Google

viel heben, als die an den Enden befindlichen Niveau's anzeigten, um dadurch die Objectivträger an den Enden der Stange genau in ihrer verticalen Lage zu erhalten.

Ein Reihe sehr wichtiger durch Biot mitgetheilter Untersuchungen haben endlich Lavoisier und Laplace angestellt, mit einem Instrumente, bei dem die Mängel, an denen sonst Pyrometer zu leiden pflegen, meist vermieden sind. Baumgartner beschreibt dieß Instrument, wie folgt. (Fig. 27.) AB ist die Stange, deren Verlängerung durch die Wärme untersucht werden soll, sie hatte bei den wirklich angestellten Versuchen eine Länge von 6 Fuß, lag genau horizontal auf gläsernen Rollen, die sich zwischen den Glasstreifen a und b befanden und konnte leicht auf denselben hingleiten. In A war sie an ein verticales gläsernes Lineal CD befestigt, welches für die Kraft, womit die Stange darauf drückte, als unbiegsam angesehen werden konnte; in B berührte sie ein gleiches gläsernes Lineal, das sich um eine horizontale Axe drehte, wenn sich die Stange verlängerte und dadurch den Hebelarm GH bewegte. Um jede zufällige Verschiebung der Stange zu vermeiden, wurden ihre beiden Enden mit einem gabelförmig gebogenen dünnen biegsamen Kupferstreifen umgeben und mittelst dieses an jedes der Glaslineale befestiget. Jedes Lineal stand mit einem eisernen Querstück JK in Verbindung und alle ruhten auf massiven viereckigen steinernen Pfeilern, deren jeder 2 Fuß lang und 1 Fuß breit war. Sie hatten eine Entfernung von 3 Fuß von einander und enthielten zwischen sich den Ofen, der zum Erwärmen der Stange gebraucht wurde, und ein Gefäß, in welchem das Badwasser für die Stange enthalten war. Um die bei der Erwärmung der Stange stattfindende Verlängerung messen zu können, bewegte der Hebel GH ein Fernrohr M von 6 Fuß Länge, welches auf eine in Zoll und Linien getheilte Scale gerichtet war, deren Entfernung von der Drehungsaxe bei den meisten Versuchen 100 Toisen betrug und mittelst dessen sich eine Verlängerung von $\frac{1}{744}$ Linie noch leicht erkennen ließ. Man versuchte wohl auch ein Ziel von 200 Toisen Entfernung, es erschien aber in diesem Falle die Scale so undeutlich, daß dadurch mehr an Genauigkeit verloren ging, als man durch die stärkere Vergrößerung der Scale gewann. Die Temperatur des Bades, worin sich die Stange befand, wurde mittelst Thermometer bestimmt, die 2 Linien große Grade hatten, wovon also jeder leicht durch bloßes Augenmaß in 10 gleiche Theile getheilt werden konnte. Sie wurden mit aller Sorgfalt verfertigt, zur größeren Sicherheit noch überdieß mit einem Normalinstrumente verglichen und für sie eine eigene Correctionstafel construirt. Die Versuche erstreckten sich von 0° — 100° C. Zur Erzeugung der Temperatur 0° C. füllte man zuerst den Badbehälter mit klein zerstoßenem Eise, allein man bemerkte bald, daß sich unter der Stange ein leerer Raum bildete und daß das Gewicht der auf der Stange liegenden Eisstücke sie biege und so eine von der Temperaturerhöhung unabhängige Veränderung ihrer Dimensionen bewirke; deßhalb wurde das Gefäß bloß mit Wasser gefüllt und so lange Eis hineingegeben, als dieses noch geschmolzen wurde. Sobald die Thermometer, die an verschiedenen Stellen im Wasser angebracht wa-

Digitized by Google

ren, auf den Eispunkt zeigten und sich nicht weiter änderten, sah man durch das Fernrohr auf die Scale und bemerkte den Punkt derselben, der den Faden im Gesichtsfelde des Rohres traf. Die Erwärmung des Wassers wurde anfänglich mittelst eines darunter befindlichen Ofens bewerkstelliget; allein man bemerkte bald, daß nicht alle Thermometer stets dieselbe Temperatur zeigten und sich beim Sinken der Temperatur langsamer abkühlten als die Stange; auch war zu besorgen, daß durch die Hitze die verticalen gläsernen Stützen afficirt würden. Deßhalb wurde lieber von einem naheſtehenden Behälter mittelst eines Rohres siedendes Wasser in den Wasserbehälter geleitet. Obwohl dieses beim Ueberfüllen stets um $0°,3 - 0°,4$ unter 100° C. sank, und daher die Versuche nicht im strengsten Sinne bei der Siedhitze des Wassers angestellt wurden; so war doch die dabei stattfindende Abweichung von dem der Siedhitze entsprechenden Resultate so gering, daß man sie füglich übergehen konnte. Man erreichte aber den Vortheil, daß man die Temperatur des Wassers durch Zugabe eines neuen erhitzten Antheils sehr schnell erhöhen und so in kurzer Zeit mehrere sich gegenseitig controllirende Versuche anstellen konnte.

Hällström's Apparat besteht aus einem hölzernen Troge, in welchem die etwa 4 F. langen zu untersuchenden Stäbe in horizontaler Richtung an Dräthen aufgehängt werden können. Ein Ende des Stabes geht durch die schmälere Seitenwand des Troges und stützt sich an eine feste Säule, in der Nähe des anderen Endes ist ein kleiner Bügel befestiget, der einen sehr feinen horizontalen, auf der Axe der Stange senkrechten Strich hat, auf welchen man während der Beobachtung durch ein eigenes dazu angebrachtes Mikroskop sieht. Dieses Mikroskop ist mit einem Mikrometer versehen, und gestattet, sehr kleine Verrückungen des genannten Striches scharf zu messen.

Sehr genaue Versuche stellte Augustin über die Größe der Ausdehnung von Stangen verschiedener Arten Eisen an. Sein Apparat bestand aus zwei in eine Mauer eingekitteten Steinen, deren einer eine unverrückbare Widerlage trug, um die Stangen dagegen zu stemmen, der andere eine sehr feine Theilung auf Silber. Die Stangen ruhten in einer Rinne von Eisenblech auf metallenen Böcken, und hatten an einem Ende eine sehr feine Theilung, welche mit der silbernen Scale des einen Steines zusammengebracht, durch ein Mikroskop die Ausdehnung bis auf 0,00001 der Klafter zeigte, so daß noch leicht $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ dieser Größe geschätzt werden konnte. Die Rinne wurde dann mit zerstoßenem Eise gefüllt, und nachdem dieses geschmolzen war, das Wasser in derselben allmählig durch Lampen erhitzt, um die Länge der vier Stangen beim Schmelzpunkte des Eises und bei höheren Temperaturen von 10 zu 10 Graden zu messen.

Bei allen diesen Versuchen liegt die größte Schwierigkeit darin, ein Ende des zu untersuchenden Körpers völlig unbeweglich zu befestigen. Kommt es nur darauf an, die Ausdehnungsgesetze fester Körper zu erfahren, indem man auf die Kenntniß der absoluten Vergrößerung der Dimensionen eines Körpers, welche durch die Wärme bewirkt wird, verzichtet, so kann man die genannte Schwierigkeit umgehen, indem man

Digitized by Google

nur den Ausdehnungsunterschied zweier fester Körper untersucht, wie Borda, Petit und Dulong gethan haben. Diese nahmen zwei Körper, deren Ausdehnungsunterschied untersucht werden sollte, und befestigten sie an einen ihrer Enden möglichst gut mittelst Schrauben an einander, am anderen Ende bekam jeder ein messingenes Stäbchen, das zuerst vertikal aufstieg und dann horizontal umgebogen war. Eines derselben trug eine in fünftel Millimeter getheilte Scale, das andere einen Nonius, der $\frac{1}{20}$ der Eintheilung der ersteren angab, und so, da jeder Körper 1,2 Meter lang war, die Verlängerung bis auf $\frac{1}{120000}$ maß.

Noch erwähnen wir eines Instrumentes, welches James Nasmyth beschreibt. Dieß Instrument besteht aus einer Glasröhre von ungefähr 1 Zoll im Durchmesser und 4 Zoll in der Länge, die an einem Ende zugeschmolzen ist. An diese Röhre ist eine Messingfassung gekittet, deren Deckel abgeschroben werden kann. In diesem Deckel ist eine ungefähr 3 F. lange, an beiden Enden offene Glasröhre, eine solche, wie man zu Thermometern gebraucht, eingekittet, welche mit einer in Zolle und Zehntel getheilten Scale versehen ist. — Um dieses Instrument zu gebrauchen, nimmt man die zu untersuchenden Metalle in Stücken von gleichem Volumen und von solchen Dimensionen, daß sie die Glasröhre A (Fig. 14.) fast ausfüllen. Dann füllt man das Rohr A mit Wasser von 50° F. Temperatur. Nun bringt man das Metall, z. B. Blei, in die Röhre, schraubt den Deckel D mit seiner Röhre und Scale auf, und bringt das in der Röhre A zurückgebliebene Wasser, durch Einschraubung der kleineren Schraube C, auf den Nullpunkt der Scale. Hat die Röhre A mit ihrem Inhalte die Temperatur 50° F. so ist der Apparat zu einem Versuche fertig. Erhitzt man ihn alsdann z. B. bis zu 100°, indem man ihn in Wasser von dieser Temperatur eintaucht, so dehnt sich das Blei aus, und zwingt das Wasser in dem Rohre E zu steigen, z. B. um 12 Zoll. Nun wird das Metall herausgenommen und das andere Metall, z. B., Zinn hineingebracht. Wenn Alles in demselben Zustande ist, wie zu Anfange des ersten Versuches, erhitzt man den Apparat abermals bis 100°. Dehnt sich nun das Zinn und Wasser, z. B. bis 6 Zoll aus, so schließt man daraus, daß das Blei sich um zwei Mal soviel, wie das Zinn, ausdehne. Dasselbe Verfahren wird bei jedem anderen Metalle oder jedem andern Körper, den man dem Versuche unterwirft, wiederholt.

Kennt man den Rauminhalt eines jeden Zolles der Röhre E und zieht von der gemeinschaftlichen Ausdehnung des Metalls und des Wassers die des Wassers ab, welche zuvor ermittelt sein muß, so wird man die totale Ausdehnung jeder der Substanzen in Theilen eines K. Z. ausdrücken können *).

*) Ein ganz ähnliches Verfahren wandten Dulong und Petit an, nur nahmen sie statt des Wassers Quecksilber und bestimmten die Ausdehnung des darin eingeschlossenen Metalles durch Wiegung der Menge des Quecksilbers, die bei einer bestimmten Temperaturerhöhung aus dem zu einem Haarröhrchen ausgezogenen Glasrohre herausfloß.

Digitized by Google

In folgender Tabelle sind die Resultate zusammengestellt, welche diese für die praktische Anwendung so wichtigen Untersuchungen gegeben haben. Sie gibt die Größe der Ausdehnung an, welche die Körper zwischen dem Gefrierpunkte und dem Siedepunkte des Wassers erleiden, indem die Größe des Stabes bei 0° C. = 1,00000000 angenommen ist. Die Resultate von Ellicot, Herbert und Berthoud, welche an einem sich gleichbleibenden Fehler zu leiden scheinen, sind durch Horner berichtigt worden.

Namen der Substanzen nach alphabetischer Ordnung.	Lineare Ausdehnung zwischen 1° und 100° C.	Namen der Beobachter.
Antimon	0,00108330*	Smeaton
Blei	288200	Ellicot
	286667	Smeaton
	287300	Herbert
	308600	Berthoud
	271900	G. Morveau
	284836	Lavoisier
	290200	Horner
Bronze	181667	Smeaton
Eis	245120	Pl. Heinrich**
Eisen	114600	Ellicot
	117200	Herbert
	119200	Berthoud
	110000	G. Morveau
Eisendrath	114010	Troughton
	123504	Lavoisier
Schmiedeeisen	122045	"
	125833	Smeaton
	115600	Borda
	114560	Schwerd
	115600	Tralles
	111155	Augustin
	111545	"
	112330	"
	114550	"
	144600	Hällström
	126660	Dulong und Petit
schwach gehämmert	116800	Horner
	122045	Destigny
Gußeisen	110940	Roy

*) Durch das ganze Verzeichniß sind die ersten drei Nullen zu ergänzen.

**) Die unterstrichenen sind von Muncke als die zuverlässigsten Angaben bezeichnet.

Digitized by Google

Namen der Substanzen nach alphabetischer Ordnung.	Lineare Ausdehnung zwischen 1° und 100° C.	Namen der Beobachter.
Glas im Mittel	0,00089694	Lavoisier
	. . 089185	Muncke
= weißes	. . 083333	Smeaton
	. . 094400	Herbert
	. . 099100	Berthoud
	. . 086100	Dulong und Petit
Glasstab	. . 080787	Roy
Glasröhre	. . 077615	=
Glasröhre von St. Gobain (Spiegelgl.)	. . 089089	Lavoisier
Gemeine Glasröhre	. . 087572	=
Desgl. andere	. . 089760	=
Desgl. andere	. . 091751	=
Desgl. v. Würzburger Glase. . .	. . 088481	Muncke
eine andere	. . 089815	=
Engl. Flintglas	. . 081166	Lavoisier
Franz. Flintglas	. . 087199	=
Dünne Glasröhre	. . 092100	Horner
Glasröhren von 0,2 Lin. Glasdicke	. . 091300	=
Massive Stange	. . 091900	=
	. . 092500	=
Gold	. . 140100	Ellicot
	. . 131100	Berthoud
	. . 147500	G. Morveau
feines (de départ) . .	. . 146606	Lavoisier
Pariser Probe, nicht geglüht	. . 155155	Lavoisier
= = geglüht . .	. . 151361	=
Harloth 1 Zink 2 Kupfer	. . 205833	=
Kalkspath (rhom. nach der Hauptaxe)	. . 286000	Mitscherlich
Klempnerloth	. . 250533	Smeaton
Kohlen, Tannenkohlen	. . 100000	Pl. Heinrich
Eichenkohle	. . 120000	=
Kupfer	. . 171000	Ellicot
geschlagenes	. . 170000	Smeaton
	. . 191880	Troughton
	. . 179000	G. Morveau
	. . 178400	Borda
	. . 172244	Lavoisier
	. . 171222	=
	. . 184110	Dulong und Petit
	. . 170900	Horner
Kupfer 8 Zinn 1 Th.	. . 781700	Smeaton
Marmor v. St. Beat.	. . 041810	Destigny

Namen der Substanzen nach alphabetischer Ordnung.	Lineare Ausdehnung zwischen 1° und 100° C.	Namen der Beobachter.
Marmor v. Carara	0,00084870	Destigny
= v. Solst	. . 056849	=
= schwarzer	. . 045000	Dunn u. Sang*
= weißer	. . 107200	= =
Messing	. . 182300	Ellicot
	. . 176042	Sabine
	. . 193332	Smeaton
Messingdraht	. . 188500	Herbert
	. . 187821	Despretz
gegossenes	. . 187500	Smeaton
	. . 193400	Berthoud
	. . 186671	Lavoisier
	. . 188971	=
Engl. Stabmessing	. . 189280	Roy
Hamburger Stabmessing	. . 185540	=
Tyroler Tafelmessing	. . 190300	Horner
Tafelmessing	. . 192000	Stampfer
Messing, 10 Mess., 1 Zinn . .	. . 190833	Smeaton
Palladium	. . 100000	Wollaston
Phosphor von 0° bis 39°.5 . .	. . 142455	Ermann
Platin	. . 085655	Borda
	. . 090000	Wollaston
	. . 099180	Troughton
	. . 085700	G. Morveau
	. . 098390	Dulong und Petit
Silber	. . 197800	Ellicot
	. . 207000	Herbert
	. . 190500	Berthoud
	. . 198800	G. Morveau
	. . 208260	Troughton
Kapellensilber	. . 190974	Lavoisier
Pariser	. . 190868	Lavoisier
Spiegelmetall	. . 193333	Smeaton
Spießglanz	. . 108330	Smeaton
Stahl, gehärtet	. . 122500	Smeaton
	. . 137500	Berthoud
bei 30° R. angelaufen.	. . 136900	Lavoisier
desgl.	. . 138600	=
bei 65° R. angelaufen .	. . 123956	=
weicher	. . 107500	Ellicot

*) Dieselben zeigten das Experiment vor, einen 34 Zoll langen Marmorstreifen durch Erhitzen mittelst Spirituslampen um $\frac{1}{8}$ Zoll zu verlängern.

Digitized by Google

Namen der Substanzen nach alphabetischer Ordnung.	Lineare Ausdehnung zwischen 1° und 100° C.	Namen der Beobachter.
	0,00118990	Troughton
	. . 115000	Smeaton
	. . 107875	Lavoisier
	. . 107956	=
	. . 110400	Berthoud
Stahlstange	. . 114470	Roy
	. . 116000	De Luc
Steyerischer	. . 115200	Horner
Huntsman St.	. . 107400	Horner
Fischerscher aus Schafhausen . .	. . 111200	=
Stein (zum Bau) von St. Pernon	. . 043027	Destigny
= = = = St. Leu . .	. . 064890	=
Tannenholz	. . 035200	Struve
Töpferzeug, braun, englisch	. . 012000	Destigny
= mit Kohle poros gemacht .	. . 004000	=
Weichloth 1 Thl. Zinn, 2 Blei .	. . 250533	Smeaton
Wismuth	. . 139167	Smeaton
Zink, gegossen	. . 294167	Smeaton
	. . 305100	G. Morveau
	. . 296800	Horner
durch Hämmern um $\frac{1}{12}$ verlängert	. . 310833	Smeaton
Zinkloth, 1 Th. Zink, 2 Th. Kupfer	. . 205833	=
Zinn, gemeines	. . 248330	=
feines	. . 228330	=
	. . 232200	Herbert
	. . 255700	Berthoud
	. . 216400	G. Morveau
	. . 209300	Horner
von Falmouth	. . 217298	Lavoisier
von Malacca	. . 193765	=

Fast alle Physiker nehmen an, daß die Körper, so lange sie noch in einer Temperatur sich befinden, die weit entfernt von dem Grade ist, in welchem sie ihren Aggregationszustand ändern, also gewiß in den Grenzen zwischen dem Gefrierpunkte und dem Siedepunkte des Wassers, sich gleichförmig ausdehnen, d. h. daß bei zunehmenden Wärmegraden auch die Körper an Ausdehnung in eben dem Verhältnisse zunehmen. Ob dieß in der That der Fall sei, läßt sich sehr schwer ermitteln wegen der fast unmöglich zu erreichenden Genauigkeit, welche bei in der Absicht angestellten Versuchen erforderlich wäre. Einige Beobachtungen scheinen allerdings dagegen zu sprechen. So will De Luc eine Ungleichförmigkeit der Ausdehnung beim Glase beobachtet haben. Hällström will ebenfalls eine solche Ungleichförmigkeit nicht allein beim Glase, sondern auch beim Eisen bemerkt haben. Bei dem letzteren wäre

dieß um so auffallender, da der Siedepunkt des Wassers noch so sehr fern vom Schmelzpunkte des Eisens entfernt liegt. Es stehen dieser Behauptung Hällströms die äußerst genauen Beobachtungen Augustins entgegen, dessen Verfahren oben beschrieben worden, und der keine Ungleichförmigkeiten der Ausdehnung bemerkt hat. Dalton behauptete, die Kugeln und Cylinder der Thermometer, welche aus dünnerem Glase bestehen, als die Röhren, dehnten sich ungleich und stärker aus als dicke Stücke. Schon die Erfahrung, daß in Bezug auf Dicke und Form der Cylinder oder Kugeln sehr ungleichförmige Thermometer doch einen ganz übereinstimmenden Gang beobachten, spricht gegen Dalton's Ansicht. Da aber der Thermometer ein so überaus wichtiges Instrument ist, das fast bei allen Versuchen und Beobachtungen in Anwendung kommt; so suchte Horner durch Versuche, die mit der größten Genauigkeit angestellt wurden, darzuthun, daß dünnes Glas sich nicht stärker ausdehne als dickes. (Vergl. d. Tabelle) *). Wachsende Zunahme der Ausdehnung konnte derselbe gar nicht oder nur (wie z. B. beim Zink) in höchst unbedeutendem Grade bemerken.

Bei einer Hitze von mehr als 100° C. haben Petit und Dulong Versuche angestellt. Aus diesen geht hervor, daß in höheren Graden eine zunehmende Ausdehnung stattfinde. Hiernach muß man naturgemäß schließen, daß dieß auch in niederen Temperaturgraden der Fall sein müsse, aber aus dem vorerwähnten sieht man, daß die Zunahme der Ausdehnung zwischen 0° und 100° C. eine verschwindend kleine Größe sei.

Petit und Dulong bedienten sich eines Apparates, dessen schon oben bei Gelegenheit des Nasmythschen (S. 96. Anm.) Erwähnung gethan worden. Mittelst dieses Apparates fanden dieselben die Ausdehnung des Glases für 1° C. für die Temperatur von 0° — 100° = 0,000008613; von 100° — 200° = 0,000009839; von 200° — 300° = 0,000010857; die Ausdehnung des Eisens von 0° — 100° = 0,000012666 bei 300° = 0,000015735; die Ausdehnung des Kupfers von 0° — 100° = 0,000018411 bei 300° = 0,000020180; die Ausdehnung des Platins von 0° — 100° = 0,000009474 bei 300° = 0,000009839. — Von 0° bis zur Weißglühhitze dehnt sich nach Riemann der Stahl um 0,0285650, Schmiedeeisen um 0,0125000, Gußeisen um 0,0214250. — Daniell erhitzte eine Platinstange in einer Temperatur von wenigstens 1800° C., und fand, daß dasselbe, vorher weich, biegsam und von glatter Oberfläche, nach so starker Erhitzung hart, zerbrechlich, von rauher und krystallinischer Oberfläche geworden war, aber dennoch dieselbe Ausdehnsamkeit durch die Wärme als vor dem Erhitzen besaß.

In Bezug auf das Rückgehen der Körper zu ihrem früheren Volumen bei Wiederherstellung der früheren Temperatur sind Ausnahmen

---

*) Aus der Tabelle sieht man auch, daß verschiedene Glassorten, ja verschiedene Stücke derselben Glassorte (doch unabhängig von ihrer Dicke) sich verschieden ausdehnen.

Digitized by Google

bemerkt worden. So fand schon Pictet, daß Eisen bei einer plötzlichen Temperaturveränderung sein früheres Volumen nicht genau wieder erhalte. Ferner, daß ausgedehntes oder zusammengedrücktes Eisen nach dem Aufhören des Einflusses der äußeren Gewalt sein voriges Volumen, wenigstens für eine Zeit lang nicht wieder erhalte. Durch Prinsep wurde die erste Erfahrung bestätigt. Dieser bestimmte den Kubikinhalt einer Retorte vor dem Erhitzen, und als er sie einmahl oder öfter einer starken Hitze ausgesetzt hatte, und überzeugte sich, daß sie nach jeder Erhitzung größer ward, selbst nachdem sie ihre ursprüngliche Temperatur wieder angenommen hatte. Er bestimmte ihre Capacität durch das Gewicht von reinem Quecksilber, das sie bei 80° F. faßte. So fand er ihre Capacität

vor dem ersten Versuche = 9,13 K. Z.
nach der ersten Erhitzung = 9,64 —
nach der dritten Erhitzung = 10,16 —

Man nimmt an, daß Stahl, wenn man denselben bis auf den Härtungsgrad erhitzt, sich um $\frac{1}{8}$ Zoll im Fuße ausdehnt, und bei dem Härten nur etwa um $\frac{2}{3}$ der Länge, um welche er sich ausdehnte, wieder zusammenzieht, wenn nämlich wirklich Härtung stattfindet, denn sonst zieht er sich beinahe auf seine ursprüngliche Länge zusammen.

Tyler fand indeß, daß diese bleibende Ausdehnung keine nothwendige Folge des Härtens sei, indem er in einer Menge von Fällen, bei dünnen hohlen Cylindern oder flachen Ringen, wo die Abkühlung am leichtesten durch und durch und beinahe augenblicklich geschehen konnte, fand, daß keine bleibende Vergrößerung statt fand.

Während flüssige Körper (namentlich Wasser, s. d. folg.) bei Annäherung an den Gefrierpunkt sich ausdehnen, ziehen sich, wie Rose beobachtet hat, manche feste Körper bei der Annäherung an ihren Schmelzpunkt bis zu einer gewissen Grenze zusammen. Dieß hat Rose am Roseschen Metalle, einer Legirung aus 2 Th. Wismuth, 1 Blei und 1 Zinn beobachtet, welche bei 75° R. schmilzt. Wird die Temperatur von 0° aus erhöht, so scheinen die Volumenveränderungen bis etwa 35° R. den Temperaturen nahe proportional zu sein. Bei 35° R. findet ein Punkt höchster Ausdehnung statt, von wo an bei weiterer Erhöhung der Temperatur Zusammenziehung eintritt, welche anfangs sehr rasch geht, aber allmählig abnimmt, bis sie bei 55° R. den niedrigsten Grad erreicht hat. Bei fortgesetzter Erhöhung der Temperatur, nimmt nun das Volumen wieder zu, bis es bei 75° R., wo der Schmelzpunkt des Metalles liegt. Jetzt tropfbar geworden, dehnt es sich zwischen 75° und 80° R. noch sehr stark aus, scheint aber von da an wieder denselben regelmäßigen Gang zu befolgen, als von 0° bis 35° R. Merkwürdig ist besonders der Umstand, daß das Volumen beim Schmelzpunkte (bei 75° R.) dem beim Punkte der größten Ausdehnung (bei 35° R.) gleich ist. Nach Rose's Angabe läßt sich die Unregelmäßigkeit in der Ausdehnung dieser Legirung in folgender Art beobachten. Man fülle mit dem Roseschen Metalle ein Thermometerrohr, welches man, was gut ist, vorher ein wenig über 60° R. erwärmt hat. Dieß gelingt leicht dadurch, daß man das erhitzte Ende in das

Digitized by Google

fließende Metall taucht, und unterdeß die Luft aus dem anderen saugt. Läßt man es dann erkalten, so wird man sehen, daß ziemlich lange nach geschehener Erstarrung des Metalls das Rohr durch eine Menge kleiner Sprünge zertrümmert wird.

Eine höchst merkwürdige Entdeckung hat Mitscherlich gemacht, nämlich die, daß alle krystallisirten Körper, mit Ausnahme derer, welche zum regulären Systeme gehören (s. Krystall), durch die Wärme nicht nach allen Richtungen gleichmäßig ausgedehnt werden. Die Ausdehnung ist vielmehr in der kleineren Axe bedeutender, als in der größeren. Diese Erscheinung ist mit entsprechenden Veränderungen in den Winkeln der Krystalle verbunden. Bei manchen Krystallen wird sogar durch die Wärme die größere Axe kleiner, während die kleinere sich ausdehnt. So fand Mitscherlich, daß der Kalkspath, wenn er von 12° ½ C. bis 83° C. erwärmt wird, in der Richtung der Hauptaxe um 0,001737 sich ausdehnt, während er zugleich nach allen darauf senkrechten Richtungen um 0,0005 C. sich zusammenzieht.

Bei Krystallen, welche zum regulären Systeme gehören, fand Mitscherlich, daß ihre Winkel nicht verändert wurden und daß sie sich nach allen Richtungen gleichmäßig ausdehnten. Die Krystalle, deren primitive Gestalt ein Rhomboëder oder ein sechsseitiges Prisma, verhalten sich in der Richtung der Hauptaxe anders gegen die Wärme, als in den übrigen Richtungen. Die Krystalle endlich, deren primitive Gestalt ein Rectangulär-octaëder oder rhombisches Octaeder ist, oder im Allgemeinen alle die Krystalle, bei denen die doppelte Strahlenbrechung von zwei Axen abhängig ist, dehnen sich auch nach allen drei Richtungen verschieden aus. Die Ausdehnung der Krystalle richtet sich genau nach den Axen, und zwar dehnen sich die kleineren Axen verhältnißmäßig mehr aus als die größeren. — Durch die Wärme nähern sich die Körper immer mehr dem tropfbaren Zustande, in welcher sie nach Eintritt des erforderlichen Wärmegrades wirklich übergehen. Das beobachtete Kleinerwerden, oder doch minder bedeutende Zunehmen, der großen Axe, während die kleinere Axe wächst, muß endlich Gleichheit beider Axen herbeiführen, wie sie im tropfbaren Zustande stattfindet *). Fresnel hat ein einfaches Mittel angegeben, die Verschiedenheit der Ausdehnung der Krystalle nach ihren Axen zu beobachten. Man löse zwei sehr dünne Blättchen von einem Gypskrystall ab, und leime sie so auf einander, daß die Linien, welche ihre Axenwinkel mitten durch theilen, sich rechtwinklig kreuzen. Der Tischlerleim, dessen sich Fresnel hierbei bedient, erweicht sich immer bei der Erwärmung, so daß die beiden Blättchen, während sie warm sind, über einander fortgleiten können. Läßt

*) Entsprechend ist die ebenfalls von Mitscherlich beobachtete Erscheinung: daß, wenn ein Salz bei einer gewissen Temperatur mit einer gewissen Krystallgestalt angeschossen ist, es aber nachher einer höheren Temperatur ausgesetzt wird, bei der es mit einer andern Krystallgestalt angeschossen sein würde, es sich in ein Aggregat von Krystallen dieser letzteren Form verwandelt, ohne daß vorher ein flüssiger Zustand eingetreten ist.

Digitized

man sie aber erkalten, so erhärtet der Leim und die Blättchen sind mit einander verbunden. Da sie nun in der Richtung auf einander gelegt sind, in welcher der Unterschied der Ausdehnungen am größten ist, so wird das Blättchen, welches am meisten nach einer Richtung ausgedehnt war, sich auch stärker als das andere zusammenziehen, genöthigt sein, sich zu krümmen und die concave Seite eines Blättchen zu bilden, von dem das andere die convexe Seite ausmacht. Das umgekehrte findet parallel der Axe, in der auf ersterer senkrechten Richtung statt, so daß die zusammengeleimten Blättchen nach dem Erkalten die Form einer krummen Fläche annehmen.

Wie nothwendig dem Physiker die Kenntniß der Gesetze der Ausdehnung fester Körper sei, geht schon daraus hervor, daß er bei allen Versuchen mit tropfbaren und ausdehnsam flüssigen Körpern metallner oder gläserner Gefäße sich bedient, deren Ausdehnung durch die Wärme in Rechnung gebracht werden muß, wo es auf Bestimmung der Ausdehnung flüssiger Körper ankommt. Wie groß die Einwirkung der Ausdehnung der festen Körper auf die der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit sei, geht aus folgender Erfahrung hervor. Wenn man ein Thermometer in Wasser von 0° Temperatur bringt, so wird das Queckſilber im Thermometer (besonders wenn es eine etwas große Kugel hat) statt auf 0° zu sinken erst um ein weniges steigen, und erst nach einiger Zeit auf 0° herabsinken. Umgekehrt, wenn man das Thermometer in siedendes Wasser taucht, wird das Queckſilber statt sogleich auf 100° C. zu steigen erst um ein Weniges fallen, und erst nach einiger Zeit auf 100° C. steigen. Der Grund dieser auffallenden Erscheinung liegt darin, daß sich bei der Erkältung das Glas ausdehnt, und bei der Erwärmung zusammenzieht, bevor noch das Queckſilber die Temperatur des Wassers angenommen hat. Um die Ausdehnung der festen Körper in Rechnung bringen zu können, muß man ihre kubische Ausdehnung kennen. Biot hat gezeigt, daß man bei geringer Größe der linearen Ausdehnung eines Körpers, die kubische Ausdehnung desselben dreimal so groß annehmen könne, und da man nun (wenigstens ohne großen Fehler) annehmen kann, daß die Ausdehnung der festen Körper bei allen nicht zu hohen Wärmegraden (d. h. solchen, die noch in bedeutender Entfernung von dem Grade, unter welchem sie schmelzen, sind) sich verhalte, wie die Größe der Wärme, so kann man die oben gegebene Tabelle zu derartigen Bestimmungen benutzen.

Sehr wichtig ist es auch, die Dimensionsveränderungen, welche astronomische Instrumente durch die Wärme erleiden, zu kennen. Wie man namentlich die Erfahrungen über die verschiedene Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme zu Berichtigung der Pendel benutzt, darüber s. d. Art. Compensation. Andere Anwendungen der Erfahrungen über die Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme, s. u. d. A. Chronometer, Metallthermometer.

Die tropfbar flüssigen Körper werden in stärkerem Grade von der Wärme ausgedehnt, als die festen Körper. Da aber die Punkte, bei denen diese Körper ihren Aggregationszustand verändern, bei den meisten in ziemlich geringer Entfernung von 0° stehen, (einige

Digitized by Google

verwandeln sich in einer Wärme beträchtlich unter 100° C. schon in ausdehnsam flüssige Körper), so zeigt die Zunahme ihrer Ausdehnung gemäß den Graden der Temperatur bei weiten weniger Regelmäßigkeit, als bei den festen Körpern.

Allgemein läßt sich nur festsetzen, daß bei jeder tropfbaren Flüssigkeit einer bestimmten Temperatur eine bestimmte Ausdehnung entspricht, ferner daß die Ausdehnung mit dem Temperaturgrade zunimmt (aber nicht gleichmäßig), und endlich daß die Zunahme der Ausdehnung einer Flüssigkeit um so stärker wird, je näher der Wärmegrad, welchem sie ausgesetzt wird, ihrem Siedepunkte kommt, bei gleichem Temperaturgrade sich also diejenigen Flüssigkeiten am stärksten ausdehnen, deren Siedepunkt jenem Temperaturgrade am nächsten liegt. In der Nähe ihres Siedepunktes dehnen sich die Flüssigkeiten in einem größeren Verhältnisse aus, als die Temperatur wächst; in der Nähe der Temperatur, in welcher sie fest werden, verhalten sich aber nicht alle auf gleiche Weise. Man hat nämlich gefunden, daß der Punkt größter Dichtigkeit einer Flüssigkeit nicht immer mit dem ihrer Erstarrung zusammenfällt. Ueber diese Erscheinung beim Wasser wird sogleich gesprochen werden. Es gibt Flüssigkeiten, die sich beim Festwerden wie das Wasser ausdehnen, so z. B. das geschmolzene Eisen, das Wismuth, das Antimon und der Schwefel; andere ziehen sich bei dem Erstarren zusammen, z. B. das Quecksilber.

Die gewöhnliche Art, die Ausdehnung der Flüssigkeiten zu messen, ist dieselbe, auf welcher der Thermometer beruht, und die Schwierigkeiten, welche bei diesen Untersuchungen zu überwinden sind, sind die nämlichen, welche sich der genauen Anfertigung des Thermometers entgegensetzen. Es kommt wesentlich darauf an, Glasröhren zu haben von durchgängig ganz gleicher Weite, oder ein Mittel aufzufinden, die Verschiedenheit der Weite unschädlich zu machen; darüber vergl. d. Art. Thermometer. Auch muß besonders bei diesen Untersuchungen genaue Rücksicht auf die Ausdehnung, welche das Glas durch die Wärme erleidet, Rücksicht genommen werden. Man kann indeß den Einfluß, welchen die Temperatur des festen Körpers auf das Steigen oder Fallen des Flüssigen hat, vermeiden (und also die sonst nöthige Correctur ersparen) in der Weise, welche Dulong und Petit zu Bestimmung der absoluten Ausdehnung des Quecksilbers angewandt haben. Man biegt eine Glasröhre so, daß sie zwei Schenkel hat, welche rechtwinklig auf ihrem mittleren Theile aufstehen. Darauf bringt man diese Röhre in eine Stellung, daß die beiden Schenkel genau lothrecht stehen, und gießt die zu untersuchende Flüssigkeit in die Röhre, welche in beiden Schenkeln derselben in gleichem Niveau stehen wird, so lange als beide Schenkel derselben Temperatur ausgesetzt sind. Erwärmt man nun den einen Schenkel, während man den anderen in der anfänglichen Temperatur erhält, so gibt die Erhebung der Flüssigkeit in dem erwärmten Schenkel die absolute Ausdehnung der Flüssigkeit an. Denn der Einfluß, welchen die Ausdehnung des Glases des erwärmten Schenkels haben könnte, wird aufgehoben durch das Gleichgewicht, welches sich die Flüssigkeit den Gesetzen der Schwere gemäß in beiden Schenkeln hält,

Digitized by Google

so daß sich also bei Erweiterung der einen Röhre die Correctur am Instrumente von selbst vollzieht. Um den Niveau-Unterschied der Flüssigkeit in beiden Schenkeln genau messen zu können, bedient man sich des Mikrometers oder des Fernrohres.

Da die Ausdehnung sich umgekehrt verhält, wie das specifische Gewicht, so kann man jene aus dieser leicht berechnen, doch muß auch bei dieser Methode auf die Ausdehnung des festen Körpers, dessen man sich bedient, Rücksicht genommen und die Rechnung darnach corrigirt werden. In dieser Art stellte G. G. Schmidt mittelst des von ihm verbesserten Fahrenheitschen Aräometers Beobachtungen an *).

Die von ihm gefundenen Dichtigkeiten stellt folgende Tabelle zusammen:

Temperatur. R.	Wasser.	Weingeist.	Terpentinöl.	Olivenöl.	1 Th. Alkali. 1 Th. Wasser	1 Th. Salz 4 Th. Wasser	Doppelt Scheidewasser.	Vitriolöl.
5	10014,312	—	—	—	—	—	—	—
10	10010,084	830,31	—	—	—	—	—	—
15	10000,000	827,21	888,40	917,70	—	1142,00	1170,20	1893,00
20	9985,774	822,84	882,25	912,35	—	1138,85	1166,85	1883,85
25	9968,465	816,40	877,96	907,00	1084,40	1135,80	1161,70	1878,83
30	9948,073	810,64	872,80	902,55	1082,66	1132,55	1157,25	1871,44
35	9924,598	804,83	867,40	900,20	1079,00	1129,10	1152,40	1864,00
40	9898,040	799,38	863,45	896,05	1076,36	1125,35	1148,05	1855,38
45	9868,409	795,60	856,63	890,80	1073,65	1121,85	1142,10	1849,73
50	9835,695	—	850,95	886,02	1064,06	1119,15	1135,35	1843,95
55	9799,898	—	846,10	882,50	1061,35	1115,30	—	1837,80
60	9761,018	—	—	877,02	1057,30	1110,15	—	1831,65
65	9719,055	—	—	—	1052,35	1106,50	—	1824,76
70	9674,009	—	—	—	—	1103,85	—	1819,35
75	9625,880	—	—	—	—	1097,10	—	1813,35
80	9574,668	—	—	—	—	—	—	—

*) Vgl. die Untersuchungen von Stampfer üb. die Ausdehn. des Wassers im Folg.

De Luc hat eine große Menge Untersuchungen angestellt, mittelst Thermometerröhren, welche er mit verschiedenen Flüssigkeiten füllte. Die Flüssigkeiten, welche er untersuchte, wurden durch Erhitzung vorher von Luft befreit, wodurch sie die Fähigkeit erhielten, ohne zu sieden, weit höhere Temperaturgrade auszuhalten als die sind, bei denen sie in freier Luft sieden. Höchst rectificirter Weingeist, z. B. der an freier Luft bei einer Temperatur von ungefähr 81° C. siedet, erträgt, nachdem er von Luft gereinigt, im leeren Raume eingeschlossen ist, eine Temperatur von 100° C. ohne zu sieden, während er fortfährt, sich zu erhitzen und dabei auszudehnen. De Luc bezeichnete den Punkt des schmelzenden Schnees mit 0 und machte bis zum Siedepunkte des Wassers 80 gleiche Theile. Hiernach ergiebt eine Vergleichung der verschiedenen Stände bei gleichen Temperaturen folgende Tabelle:

Quecksilber	Olivenöl.	Kamillenöl.	Anisöl.	Gesättigte Salzsole.	Alkohol.	1 Th. Alkohol. 1 Th. Wasser.	1 Th. Alkohol. 3 Th. Wasser.	Wasser.
80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
75	74,6	74,7	74,3	74,1	73,8	73,2	71,6	71,0
70	69,4	69,5	68,8	68,4	67,8	66,7	62,9	62,0
65	64,4	64,3	63,5	62,6	61,9	60,6	55,2	53,5
60	59,3	59,1	58,3	57,1	56,2	54,8	47,7	45,8
55	54,2	53,9	53,3	51,7	50,7	49,1	40,6	38,5
50	49,2	48,8	48,3	46,6	45,3	43,6	34,4	32,0
45	44,0	43,6	43,4	41,2	40,2	38,4	28,4	26,1
40	39,2	38,6	38,4	36,3	35,1	33,3	23,0	20,5
35	34,2	33,6	33,5	31,3	30,3	28,4	18,0	15,9
30	29,3	28,7	28,6	26,5	25,6	23,9	13,5	11,2
25	24,3	23,8	23,8	21,9	21,0	19,4	9,4	7,3
20	19,3	18,9	19,0	17,3	16,5	15,3	6,1	4,1
15	14,4	14,1	14,2	12,8	12,2	11,1	3,4	1,6
10	9,5	9,3	9,4	8,4	7,9	7,1	1,4	0,2
5	4,7	4,6	4,7	4,2	3,9	3,4	0,1	0,4
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
—5	—	—	—	—4,1	—3,9	—	—	—
—10	—	—	—	—8,0	—7,7	—	—	—

Digitized by Google

Von Thomson wurde die Ausdehnung der Schwefelsäure, der Salpetersäure und des Terpentinöls untersucht, von Blagden und Gilpin die des Queckſilbers, Waſſers und Alkohols; die Resultate hat Thomson in folgender Tabelle zuſammengeſtellt.

Temper. C.	Queckſilb.	Schwefelſäure.	Salpeterſäure.	Waſſer.	Terpentinöl.	Alkohol.
0,00	100000	—	—	—	—	100000
4,45	100081	99752	99514	—	—	100539
10,00	100183	100000	100000	100023	100000	101015
15,56	100304	100279	100468	100091	100460	101688
21,11	100406	100558	100990	100197	100993	102281
26,67	100508	100806	101530	100332	101471	102890
32,22	100610	101054	102088	100694	101931	103517
37,78	100712	101317	102620	100908	102446	104162
43,33	100813	101540	103196	—	102943	—
48,89	100915	101834	103776	101404	103421	—
54,44	101017	102097	104352	—	103954	—
60,00	101119	102320	105132	—	104573	—
65,56	101220	102614	—	102170	—	—
71,11	101322	102893	—	—	—	—
76,67	101424	103116	—	—	—	—
82,22	101526	103339	—	—	—	—
87,78	101628	103587	—	103617	—	—
93,33	101730	103911	—	—	—	—
100,00	101835	—	—	104577	—	—

Newton unterſuchte die Ausdehnung des Leinöls und fand das Verhältniß des Volumens bei 0°, 37°,78 und 100° C. = 100000, 102760 und 107250.

Digitized by Google

Gay-Luſſac ließ vier Flüſſigkeiten, Waſſer, Alkohol, Schwefelkohlenſtoff und Schwefeläther von 5° zu 5° erkalten und beſtimmte ihre Zuſammenziehung in 1000 Theilen der Einheit. Das Waſſer ſiedete bei 100°, der Alkohol bei 78,41°, der Schwefelkohlenſtoff bei 46,60°, der Schwefeläther bei 35,66° C. Ihre Zuſammenziehungen waren folgende:

Temp. C.	Waſſer.	Diff.	Alkohol.	Diff.	Schwef. Kohlenſt.	Diff.	Schwefeläther.	Diff.
0	0,00	3,34	0,00	5,55	0,00	6,14	0,00	8,15
5	3,34	3,27	5,55	5,88	6,14	5,87	8,15	8,02
10	6,61	3,89	11,43	6,08	12,01	5,97	16,17	7,99
15	10,50	2,65	17,51	5,83	17,98	5,82	24,16	7,67
20	13,15	2,81	23,34	5,81	23,80	5,85	31,83	7,31
25	16,06	2,79	29,15	5,59	29,65	5,41	39,14	7,28
30	18,85	2,67	34,74	5,54	35,06	5,42	46,42	5,64
35	21,52	2,58	40,28	5,40	40,48	5,29	52,06	6,71
40	24,10	2,40	45,68	5,17	45,77	5,30	58,77	6,71
45	26,50	2,06	50,85	5,17	51,08	5,20	65,48	6,53
50	28,56	2,04	56,02	4,99	56,28	4,86	72,01	6,37
55	30,60	1,82	61,01	4,95	61,14	5,07	78,38	
60	32,42	1,60	65,96	4,78	66,21		—	
65	34,02	1,45	70,74	4,74	—		—	
70	35,47	1,23	75,48	4,63	—		—	
75	36,70		80,11		—		—	

Die Ausdehnung des Queckſilbers durch die Wärme iſt beſonders genau unterſucht worden, weil ſie von beſonderer Wichtigkeit iſt, indem das Queckſilber zu den meiſten Thermometern benutzt wird, wozu es auch wegen der großen Entfernung ſeines Gefrierpunktes von ſeinem Siedepunkte und wegen ſeiner großen Empfindlichkeit für die Wärme vorzüglich geeignet iſt. Dabei dehnt ſich das Queckſilber zwiſchen dem Gefrierpunkte und dem Siedepunkte des Waſſers regelmäßig aus, d. h. ſein Volumen nimmt in demſelben Verhältniſſe zu, in welchem die Wärme zunimmt. Zwar iſt dieſem von einigen Phyſikern, namentlich von Roy widerſprochen worden, indem derſelbe eine zunehmende Ausdehnung des Queckſilbers wahrgenommen haben wollte; allein die genaueſten Unterſuchungen, welche verſchiedene Phyſiker angeſtellt, haben gelehrt, daß allerdings, und zwar von tief unter 0° liegenden Graden an, die Ausdehnung des Queckſilbers noch bis über den Gefrierpunkt des Waſſers hinaus regelmäßig ſei. Derartige Unterſuchungen haben angeſtellt De Luc, Flaugergues, Gay-Luſſac, am entſcheidendſten aber Dulong und Petit. Dieſe verglichen die Ausdehnung der Luft und des Queckſilbers, und fanden, daß von einem wenig über dem Erſtarrungspunkte des Queckſilbers liegenden Grade an bis über den Siedepunkt des Waſſers hinaus das Volumen des

Digitized by Google

Queckſilbers im gleichen Verhältniſſe mit der Temperatur zunehme. Folgende Tabelle enthält in Graden der hunderttheiligen Scale die erhaltenen Werthe corrigirt für die Ausdehnung des Glaſes.

Queckſ. Therm.	Luft-Therm.	Queckſ. Therm.	Luft-Therm.
— 36,29	— 36,18	0	0
— 34,72	— 34,84	100	100
— 33,31	— 33,40	150	148,70
— 32,27	— 32,13	200	197,05
— 31,63	— 31,54	250	245,05
— 31,26	— 31,04	300	292,70
— 30,46	— 30,59	360	350,00
— 29,68	— 29,64		

Wie groß die Zunahme des Volumens des Queckſilbers vom Gefrierpunkte des Waſſers bis zu deſſen Siedepuncte ſei, darüber waren die Ergebniſſe der Unterſuchungen verſchiedener Phyſiker lange Zeit nicht übereinſtimmend, welches ſeinen Grund vorzüglich in der verſchiedenen Ausdehnung der verſchiedenen zu den Thermometerröhren angewandten Glasarten haben mochte. Petit und Dulong haben endlich, indem ſie die oben (ſ. S. 105) beſchriebene Methode befolgten, und damit der Ausdehnung des Glaſes den ſtörenden Einfluß nahmen, als entſcheidendes Reſultat gefunden, daß ſich das Volumen des Queckſilbers durch 100° C. um 0,01801802 vermehre. Aus Dulong und Petit's Unterſuchungen geht auch hervor, daß etwas über den Siedepunkt des Waſſers hinaus die Ausdehnung des Queckſilbers nicht mehr regelmäßig ſei. In ſeinem Erſtarrungspunkte dehnt ſich das Queckſilber nicht wie das Waſſer aus, ſondern zieht ſich bedeutend zuſammen.

Die Ausdehnung des Waſſers durch die Wärme iſt ebenfalls vielfach unterſucht worden. Das Waſſer bietet die merkwürdige Erſcheinung dar, deren ſchon oben gedacht worden, daß es nicht im Gefrierpunkte ſein kleinſtes Volumen oder was daſſelbe iſt, ſeine geringſte Dichtigkeit annimmt; ſondern vielmehr dehnt es ſich im Gefrierpunkte aus mit einer bedeutenden Kraft. Ueber die Größe dieſer Kraft wurden während des Winters 1828 u. 1829 intereſſante Verſuche im Arſenale zu Warſchau angeſtellt. Es wurde eine Haubitze von Gußeiſen von 6 Z. 8 Lin. Durchmeſſer, 1 Z. 2 Lin. Wanddicke und 1 Z. 2 Lin. Oeffnung, welche 46,29 Kubikzoll faßte, bei einer Lufttemperatur von 21° F. mit Waſſer von 41° F. angefüllt. Als das Waſſer gefroren war, ragte aus dem Halſe der Kugel ein Eiscylinder von dem Durchmeſſer der Oeffnung hervor und wuchs innerhalb 2 Stunden auf eine Länge von 2 Z. 2 Lin. an. Weiter fand keine Zunahme deſſelben Statt, woraus man ſieht, das Volumen des Waſſers habe beim Gefrieren um 2,31 Kubikzoll, oder um $\frac{1}{20}$ zugenommen. Eine andere Kugel wurde mit Waſſer gefüllt, mit einem Holzpfropf verkeilt und dann der oben angegebenen Temperatur ausgeſetzt. Da wurde der

Digitized by Google

Pfropf herausgetrieben und ſein Platz von Eis eingenommen. Eine dritte Kugel wurde, nachdem ſie mit Waſſer gefüllt war, durch eine eiſerne Schraube verſchloſſen, und wieder der erwähnten Temperatur ausgeſetzt. Nach 7 Stunden borſt die Kugel in 2 ungleiche Theile, wovon der größere 7 Fuß, der kleinere 10 Fuß von Ort und Stelle geſchleudert wurde, und doch hatte ſich nur eine 6 Lin. dicke Eiskruſte gebildet, der Reſt war flüſſig geblieben. Endlich wurde noch eine andere Kugel mit Waſſer von 46° F. gefüllt, die Oeffnung mit einer 6 Lin. dicken Schraube geſchloſſen und die Kugel in die Luft von 28° F. Temperatur gebracht. Auch dieſe Kugel borſt in 2 ungleiche Theile, deren einer 4 Fuß weit hinwegflog. Die entſtandene Eiskruſte war 13 Linien dick, der Reſt blieb flüſſig. Bei einem ferneren Verſuche dieſer Art betrug die Dicke der Kruſte Eis, welches ſich beim Berſten der Kugel zeigte (das wieder bei 28° F. erfolgte), 5 Linien.

Die größte Dichtigkeit *) hat das Waſſer in einem etwas höheren Grade, als der ſeines Gefrierpunktes iſt. Dieſes wurde zuerſt beobachtet von den Mitgliedern der Academia del Cimento, als ſie Verſuche über die Entſtehung des Eiſes anſtellten. Mehrere Phyſiker waren anfänglich geneigt, die beobachtete Erſcheinung der Ausdehnung des Glaſes zuzuſchreiben, wogegen ſich jedoch ſchon Crowne erklärte. De Luc ſtellte eine Reihe von Unterſuchungen an, und wollte gefunden haben, daß der Punkt der größten Dichtigkeit des Waſſers bei 5° C. liege und daß ſich das Waſſer bei gleichen Temperaturunterſchieden über und unter dieſen Punkt gleichviel ausdehne. De Luc hatte indeſſen verſäumt, ſeine Verſuche in Bezug auf die Ausdehnung des Glaſes zu berichtigen. Um genau den Punkt der größten Dichtigkeit des Waſſers zu finden, ſind von mehreren Phyſikern Unterſuchungen angeſtellt worden, welche jedoch die größte Schwierigkeit darin fanden, daß die Ausdehnung der feſten Körper, welche beim Meſſen angewandt wurden, in Rechnung gebracht werden mußte. Die wichtigſten Verſuche ſind in neuerer Zeit von Stampfer und von Muncke angeſtellt worden. Während aus den früheren Verſuchen der Punkt der größten Dichtigkeit des Waſſers bei 4°,1 C. zu liegen ſchien, hat Muncke gefunden, daß er bei 3°,78 C.

---

*) Der Punkt der größten Verdichtung des Waſſers iſt von den franzöſiſchen Gelehrten bei Beſtimmung der Gewichtseinheit im Meterſyſtem zu Grunde gelegt worden. Dieſe Gewichtseinheit, welche den Namen Gramme führt, iſt dem Gewicht eines, auf den Punkt der größten Verdichtung gebrachten, Kubikcentimeters deſtillirten Waſſers gleich. Hiernach wird man aus der Anzahl von Kubikcentimetern, welche in einem Gefäße enthalten ſind, ſogleich die Anzahl von Grammen Waſſers finden können, die es bei der Temperatur des Maximums der Dichtigkeit enthalten würde; oder hat man umgekehrt durch die Wage die Gewichtsbeſtimmung des bei eben dieſer Temperatur in dem Gefäß enthaltenen Waſſers gefunden, ſo wird ſich ſogleich ſein Volumen daraus ergeben, indem man für jeden Gramme einen Kubikcentimeter rechnet.

Digitized by Google

und Stampfer, daß er bei 3°75 C. oder bei 3° R. liege. Muncke sagt, er habe zugleich im Allgemeinen bestätigt gefunden, daß die Ausdehnungen des Wassers vom Punkte der größten Dichtigkeit aus nach beiden Seiten für gleiche Grade der abnehmenden und zunehmenden Temperatur einander gleich sind, doch habe es bei sehr feinen, absichtlich für diese Bestimmung angestellten, Versuche geschienen, als wenn die Ausdehnungen über diesem Punkte schneller zunähmen, als unter demselben. Die Tabelle, welche Muncke über die Ausdehnung des Wassers und über die Dichtigkeit desselben bei den verschiedenen Temperaturen, berechnet hat, und zwar nach Versuchen, welche die ganze Entfernung von 0° bis 100° C. umfassen, ist folgende:

Temper. C.	Volumen, das bei 0° C. = 1 gesetzt.	Dichtigkeit, die bei 0° C. = 1 gesetzt.	Volumen, das bei 3°,78 C. = 1 gesetzt.	Dichtigkeit, die bei 3°,78 C. = 1 gesetzt.
0	1,0000000000	1,0000000000	1,0001107981	0,9998892140
1	0,9999486748	1,0000513277	1,0000594729	0,9999405307
2	0,9999134010	1,0000866065	1,0000241991	0,9999758013
3	0,9998938160	1,0001061953	1,0000046141	0,9999953859
4	0,9998895643	1,0001104479	1,0000003624	0,9999996376
5	0,9999002974	1,0000997125	1,0000110955	0,9999889046
6	0,9999256736	1,0000743319	1,0000364717	0,9999635296
7	0,9999653584	1,0000346428	1,0000761565	0,9999238493
8	1,0000190238	1,9999809765	1,0001298219	0,9998701949
9	1,0000864393	0,9999135682	1,0001972374	0,9998028015
10	1,0001670208	0,9998330071	1,0002778189	0,9997222583
11	1,0002607315	0,9997393364	1,0003715296	0,9996286084
12	1,0003671815	0,9996329533	1,0004779796	0,9995222488
13	1,0004860775	0,9995141585	1,0005968756	0,9994034804
14	1,0006171337	0,9993832468	1,0007279318	0,9992725977
15	1,0007600708	0,9992405065	1,0008708689	0,9991298889
16	1,0009146166	0,9990862192	1,0010254147	0,9989756377
17	1,0010805058	0,9989206604	1,0011913039	0,9988101136
18	1,0012574800	0,9987440992	1,0013682781	0,9986335916
19	1,0014452880	0,9985567082	1,0015560861	0,9984463316
20	1,0016436352	0,9983590121	1,0017544833	0,9982485895
21	1,0018524341	0,9981509911	1,0019632322	0,9980406145
22	1,0020713041	0,9979329772	1,0021821022	0,9978226490
23	1,0023000716	0,9977052066	1,0024108697	0,9975949286
24	1,0025385199	0,9974679078	1,0026493180	0,9973577821
25	1,0027864392	0,9972213034	1,0028972373	0,9971111324
26	1,0030436267	0,9969656088	1,0031544248	0,9968554943
27	1,0033098866	0,9967010326	1,0034206847	0,9965909765
28	1,0035850298	0,9964277767	1,0036958279	0,9963177809
29	1,0038688744	0,9961460360	1,0039796725	0,9960361025
30	1,0041612454	0,9958559987	1,0042720435	0,9957461292
31	1,0044619746	0,9955578462	1,0045726727	0,9954481415

Digitized by Google

Temper. C.	Volumen, das bei 0° C. = 1 geſetzt.	Dichtigkeit, die bei 0° C. = 1 geſetzt.	Volumen, das bei 3°,78 C. = 1 geſetzt.	Dichtigkeit, die bei 3°,78 C. = 1 geſetzt.
32	1,0047709008	0,9952517526	1,0048816989	0,9951420163
33	1,0050878698	0,9949378856	1,0051986679	0,9948282185
34	1,0054127342	0,9946164057	1,0055235323	0,9945068095
35	1,0057453538	0,9942874667	1,0058561519	0,9941779429
36	1,0060855951	0,9939512153	1,0061963932	0,9938417656
37	1,0064333316	0,9936077016	1,0065441297	0,9934984175
38	1,0067884438	0,9932573284	1,0068992419	0,9931480315
39	1,0071508190	0,9928999521	1,0072616171	0,9927907338
40	1,0075203517	0,9925357818	1,0076311498	0,9924266436
41	1,0078969430	0,9921649300	1,0080077411	0,9920558734
42	1,0082805013	0,9917875023	1,0083912994	0,9916785286
43	1,0086709416	0,9914035973	1,0087817397	0,9912947079
44	1,0090681860	0,9910133060	1,0091789841	0,9909045023
45	1,0094721637	0,9906167163	1,0095829618	0,9905079996
46	1,0098828105	0,9902140026	1,0099936086	0,9901052754
47	1,0103000694	0,9898049403	1,0004108675	0,9896964019
48	1,0107238903	0,9893898913	1,0108346884	0,9892814438
49	1,0111542299	0,9889688145	1,0112650280	0,9888604593
50	1,0115910519	0,9885417611	1,0117018500	0,9884334994
51	1,0120343271	0,9881087758	1,0121451252	0,9880006089
52	1,0124840330	0,9877676757	1,0125948311	0,9875618256
53	1,0129401543	0,9872251541	1,0130509524	0,9871171807
54	1,0134026824	0,9867745738	1,0135134805	0,9866666988
55	1,0138716157	0,9863181733	1,0139824138	0,9862103981
56	1,0143469596	0,9858559643	1,0144577577	0,9857482900
57	1,0148287265	0,9853869663	1,0149395246	0,9852803795
58	1,0153169355	0,9849141337	1,0154277336	0,9848066651
59	1,0158116129	0,9844345027	1,0159224110	0,9843271388
60	1,0163127918	0,9839490441	1,0164235899	0,9838417860
61	1,0168205123	0,9834577370	1,0169313104	0,9833505860
62	1,0173348213	0,9829605544	1,0174456194	0,9828535117
63	1,0178557730	0,9824574625	1,0179665711	0,9823505293
64	1,0183834289	0,9819484209	1,0184942279	0,9818415986
65	1,0189178544	0,9814333861	1,0190286525	0,9813266757
66	1,0194591268	0,9809123031	1,0195699249	0,9808057059
67	1,0200073269	0,9803851145	1,0201181250	0,9802786319
68	1,0205625432	0,9798517559	1,0206733413	0,9797453892
69	1,0211248719	0,9793121561	1,0212356700	0,9792059065
70	1,0216944149	0,9787662391	1,0218052130	0,9786601079
71	1,0222712819	0,9782139415	1,0223820800	0,9781079105
72	1,0228555893	0,9776551161	1,0229663874	0,9775492258
73	1,0234474605	0,9770897272	1,0235582586	0,9769839592
74	1,0240470257	0,9765176548	1,0241578238	0,9764120107

Temper. C.	Volumen, das bei 0° C. = 1 gesetzt.	Dichtigkeit, die bei 0° C. = 1 gesetzt.	Volumen, das bei 3°,78 C. = 1 gesetzt.	Dichtigkeit, die bei 3°,78 C. = 1 gesetzt.
75	1,0246544222	0,9759387929	1,0247652203	0,9758332740
76	1,0252697941	0,9753530297	1,0253805922	0,9752476374
77	1,0258932925	0,9747602477	1,0260040906	0,9746549835
78	1,0265250756	0,9741603237	1,0266358737	0,9740551890
79	1,0271653083	0,9735531291	1,0272761064	0,9734481254
80	1,0278141625	0,9729835296	1,0279249606	0,9728836565
81	1,0284718170	0,9723163857	1,0285826151	0,9722116487
82	1,0291384578	0,9716865524	1,0292492559	0,9715819509
83	1,0298142774	0,9710488793	1,0299250755	0,9709444150
84	1,0304994757	0,9704032108	1,0306102738	0,9702988854
85	1,0311992593	0,9697493862	1,0313050574	0,9696452013
86	1,0318988417	0,9690872396	1,0320096398	0,9689831969
87	1,0326134434	0,9684166000	1,0326242415	0,9684064733
88	1,0333382918	0,9677372917	1,0334490899	0,9676335388
89	1,0340736215	0,9670491339	1,0341844196	0,9669455283
90	1,0348196736	0,9663519408	1,0349304717	0,9662484847
91	1,0355766965	0,9656455220	1,0356874946	0,9655422174
92	1,0363449453	0,9649296834	1,0364557434	0,9648265316
93	1,0371246822	0,9642042245	1,0372354803	0,9641012277
94	1,0379161763	0,9634689417	1,0380269744	0,9633661019
95	1,0387197037	0,9627236264	1,0388305018	0,9626209456
96	1,0395355472	0,9619680661	1,0396463453	0,9618655464
97	1,0403639968	0,9612020438	1,0404747949	0,9610996872
98	1,0412152493	0,9604162066	1,0413260474	0,9603140174
99	1,0420599085	0,9596377250	1,0421707066	0,9595357015
100	1,0429279852	0,9588389474	1,0430387833	0,9587371208

Die Versuche wurden in folgender Art angestellt. Muncke bediente sich durchgängig reinen destillirten zuvor stark und anhaltend ausgekochten Wassers und die anzuwendenden gläsernen Meßröhren wurden vor dem Versuche in Bezug auf ihre Ausdehnung untersucht.

Die Messungen wurden mit thermometerartigen Apparaten angestellt, welche aus einer Glaskugel von 0,75 bis 1,25 Par. Zoll Durchmesser und einem angeblasenen Thermometerröhrchen von 11 Zoll Länge bestanden. Auf die Röhrchen (von Würzburger Glase) war mit den feinsten Strichen eine Scale von 200 gleichen Theilen geätzt, sie waren darauf mit reinem Quecksilber gefüllt, und nach Art der Thermometer vollständig ausgekocht worden. Zum Messen der Temperaturen bediente sich Muncke sehr genauer Thermometer.

Meßröhre und Thermometer wurden in einen irdenen Topf mit Wasser gesenkt, jedoch nicht so, daß sie den Boden berührten, welches nie richtige Resultate gab, sondern der Beobachter hielt die Röhren beider Instrumente zwischen den Fingern möglichst in der lothrechten Axe

Digitized by Google

des Topfes schwebend, die Durchmesser beider Kugeln in einer horizontalen Ebene, und maß die Tiefe der Einsenkung nach derjenigen Höhe ab, bis zu welcher die Flüssigkeit im Meßröhrchen schon aufgestiegen war, um den Stand der Flüssigkeit und die Scale über dem Rande des Topfes bequem erkennen und letztere genau ablesen zu können. Der Topf selbst stand in einem blechernen Gefäße mit etwa 2,5 Zoll hohem Rande, welches theils zur Aufnahme des überfließenden Wassers diente, theils zur Erhaltung einer constanten Temperatur beförderlich war, zu welchem Ende dasselbe mit Wasser von nahe der nämlichen Temperatur gefüllt ward, als welche im Topfe selbst bleibend erhalten werden mußte. Dem Wasser im Topfe wurde die erforderliche Wärme durch Zugießen von heißem Wasser oder durch Beimischung von etwas Schnee gegeben, welche beide in Gefäßen nahe zur Hand bereit gehalten wurden. Durch dieses Mittel wurde zuerst das Wasser auf die erforderliche Temperatur gebracht, und um es dann die gehörige Zeit unverändert darauf zu erhalten, da die Kugel der Meßröhre ungleich größer und außerdem die Empfindlichkeit in diesem Apparate größtentheils ungleich geringer gegen den Einfluß des umgebenden Wassers war, als die des Quecksilbers im Thermometer, wurden in kurzen Zeitintervallen so geringe Quantitäten heißen Wassers oder Schnee zugesetzt, daß die Temperatur des Wassers im Topfe eine beliebige Zeit lang unverändert blieb, auf allen Fall so lange, bis die Flüssigkeit im Meßröhrchen anhaltend einen bleibenden Stand zeigte.

Dieß bei Temperaturen zwischen etwa 10° und 30° C. leicht ausführbare Verfahren ward indeß sehr beschwerlich und langweilig für höhere Grade und reichte von etwa 60° C. an überhaupt nicht mehr aus, um dem Wasser die erforderliche Temperatur bleibend zu erhalten. Hier bedienten sich dann die Experimentirenden zweier Weingeistlampen, deren eine durch ihre größere Flamme die Wärme des Wassers zu erhöhen diente, die andere aber so eingerichtet war, daß sie möglich genau hinreichte, die erforderliche Temperatur des Wassers bleibend zu erhalten. Ein beständiges Geschäft eines der Experimentatoren war hierbei, das Wasser in dem Topfe beständig umzurühren, indem die Beobachtung zeigte, daß erwärmtes Wasser kaum einige Secunden ruhig stehen darf, ohne sich in Schichten ungleicher Temperatur zu theilen, so daß das Thermometer in unbewegtem Wasser fast augenblicklich seinen Stand veränderte und bei einer nur geringen Veränderung der Tiefe, bis zu welcher es eingetaucht war, um mehr als einen ganzen Grad stieg oder fiel.

Da die Röhren der Meßapparate zu kurz waren, als daß die ganze Ausdehnung der in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten in einer einzigen Reihenfolge von Beobachtungen gemessen werden konnte, so mußte ein Theil der Flüssigkeit herausgenommen werden, wenn sie dem Ende der Scale nahe gekommen war, mit der verminderten Quantität wurde dann eine oder noch einige der letzten Beobachtungen wiederholt, um hierdurch die Quantität der herausgenommenen Flüssigkeit zu bestimmen.

Ihre beste Bestätigung erhalten die Munckeschen Resultate durch die, welche Stampfer gefunden hat. Denn, wenn ihre Zahlenan-

Digitized by Google

gaben auch nicht durchaus dieselben sind, so stimmen sie doch näher überein, als die Angaben aller früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand. Da Stampfer auf von der Munckeschen wesentlich verschiedene Art verfuhr, so geht aus dieser Uebereinstimmung zugleich hervor, mit wie großer Sorgfalt und Genauigkeit beide Physiker ihre Versuche angestellt haben müssen. Stampfer hatte bei seinen Untersuchungen zunächst die Absicht, das absolute Gewicht des Wassers mit möglichster Schärfe in Wiener Maß und Gewicht festzusetzen, und derselbe bestimmte die Dichtigkeit des Wassers durch Abwägung eines Körpers von constantem Volumen darin.

Zu dem Ende bediente er sich eines luftdichtverschlossenen hohlen Cylinders von 3 Zoll Höhe und 3 Zoll Durchmesser aus etwa $\frac{1}{4}$ Linie dickem Messingblech mit der größten Sorgfalt gearbeitet. Der ganze Cylinder wog etwa 26 Loth; er war hohl gearbeitet, um sein Gewicht zu verringern und um zu bewirken, daß er um so leichter die Temperatur des Wassers annehme. Um sein Volumen für jeden Grad der Temperatur genau zu kennen, stellte Stampfer vorher eine Reihe von Versuchen über die Ausdehnung des Messings, aus dem der Cylinder verfertigt war, mit einer 1 Zoll breiten und 25 Zoll langen Schiene an zwischen Temperaturen von 30° und 50° R. Außerdem wurde noch die geringe Convexität, welche die Böden des Cylinders bei Erwärmung der inwendig eingeschlossenen Luft vermöge zunehmenden Druckes annehmen mußten, mittelst Hilfsversuchen ausgemittelt und bei der Volumenbestimmung mit in Rechnung gebracht. Zur Wägung bediente sich Stampfer einer sehr genauen Wage, welche so große Empfindlichkeit hatte, daß bei Belastung von 1 Pfund auf jeder Seite das Zulegen von $\frac{1}{2}$ Milligramm oder $\frac{1}{8}$ Richtpfennig noch deutlichen Ausschlag gab. Als Gefäß für das Wasser diente eine 7 bis 8 Zoll weite und 10 Zoll tiefe Glasglocke, so daß der in der Mitte hängende Cylinder rings herum von einer wenigstens 2 Zoll dicken Wasserschicht umgeben war. Der messingene Aufhängedraht war nicht ganz 0,1 Linie dick, und der eingetauchte Theil desselben wurde so oft gemessen, als sich die Länge änderte. Derselbe war an einem zu diesem Behufe mit einem kleinen Loche versehenen messingnen Schräubchen befestigt, welches in der Mitte der krummen Seitenfläche des Cylinders angebracht war. Die horizontale Lage des Cylinders beim Einsenken ins Wasser wurde der Lage nach der Richtung der Axe vorgezogen, weil die Luft unter solchen Verhältnissen leichter ausweichen konnte. Das Volumen des Schräubchens nebst jedesmaliger Länge des eingeschraubten Drahtes wurde mit in Rechnung gebracht. Die Einsenkung des Cylinders geschah mit der größten Vorsicht, nachdem derselbe mit Salzwasser gewaschen war, um jeden fettigen Ueberzug zu vertreiben, der die genaue Adhäsion des Wassers hätte hindern können. Der Cylinder wurde darauf so langsam eingesenkt, daß die Haarröhrchenkraft zur Benetzung der Oberfläche gleichen Schritt halten konnte. Die Temperatur des Wassers wurde mittelst zweier gehörig geprüfter Thermometer gemessen, die einander gegenüber, ganz nahe am Cylinder, so in das Wasser gehangen wurden, daß ihre Kugeln mit dem Mittelpunkte des Cylinders in einer geraden

Digitized by Google

horizontalen Linie lagen. Jede Thermometerkugel war über einen Zoll von der Wand des Gefäßes entfernt. Zu den Abwägungsversuchen wurde destillirtes Wasser genommen, und dieses in der Glasglocke selbst, in welcher die Versuche vorgenommen wurden, abgekocht, um die Luft zu vertreiben, und damit es beim Umgießen nicht auf's neue Luft absorbire. Zuweilen wurde das Wasser in einem Glaskolben ausgekocht und noch siedend in die Glasglocke gegossen, in welcher man es noch einige Minuten kochen ließ. Mit demselben Wasser wurden die Versuche zwei, höchstens drei Tage angestellt, worauf anderes frisch ausgekochtes Wasser genommen wurde. Um die Versuche für verschiedene Wärmegrade des Wassers zu erhalten, wurde dieses bei einer Temperatur an die Wage gebracht, welche um einige Grade höher oder tiefer als die der umgebenden Luft war, so daß während der Beobachtungen die Temperatur des Wassers sich nach und nach jener der Luft näherte. Auch Stampfer bemerkte die Schwierigkeit, die ganze den Cylinder umgebende Wassermenge in eine nach vertikaler Richtung gehörig gleiche Temperatur zu versetzen oder die mittlere Temperatur derselben genau zu ermitteln. Da aber die Differenz zwischen der Temperatur der übereinander liegenden Schichten um so kleiner wird, je näher die Temperatur des Wassers der Luft kommt, so unternahm Stampfer die Versuche, um eine vollständige Reihe derselben von 0° bis 25° R. zu erhalten, zu verschiedenen Jahreszeiten, und suchte auf diese Weise die jedesmalige Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Luft möglichst klein zu machen. Bei der Abwägung des Cylinders in Wasser wurde so verfahren. Durch Wegnehmen oder Zulegen kleiner Gewichte wurde das Gleichgewicht etwas gestört, hierauf die Zeit des scharfen Einspielens der Zunge abgewartet, und für diesen Moment der Stand der beiden Thermometer im Wasser, die Temperatur der umgebenden Luft, die Summe der Gewichte in der Schale, und um die Geschwindigkeit der Temperaturveränderung des Wassers und die Zwischenzeit der Versuche ersehen zu können, auch die Uhrzeit aufgeschrieben. Diese Operation wurde in der Nähe eines ganzen Grades der im Wasser befindlichen Thermometer mehrmals wiederholt, und aus den einzelnen Beobachtungen das Mittel genommen. Die Resultate der Wägungsversuche wurden auf den leeren Raum reducirt *).

Die Tabelle der von Stampfer gefundenen Resultate ist folgende:

---

*) Ich habe geglaubt, die von Muncke und Stampfer eingeschlagenen Methoden weitläuftiger wiedergeben zu müssen, einmal, weil die gefundenen Resultate entscheidend sind, und dann, weil sie nachahmungswerthe Muster von Genauigkeit und Umsicht sind, die wichtigsten Eigenschaften, welche ein experimentirender Physiker haben muß. Die Tabellen sind darum von großer Wichtigkeit, weil die Dichtigkeit und das Volumen des Wassers häufig in Betracht kommt, namentlich bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes der Körper.

Digitized by Google

Temperatur C.	Dichtigkeit, die bei 3°,75 C. = 1 gesetzt.	Differenzen zwischen zwei aufeinander folgenden Dichtigkeiten.	Volumen, das bei 3°,75 C. = 1 gesetzt.	Differenzen zwischen zwei auf einander folgenden Volumen.
— 3	0,999627		1,000373	
2	0,999731	104	1,000269	104
1	0,999818	87	1,000182	87
0	0,999887	69	1,000113	69
+ 1	0,999939	52	1,000061	52
2	0,999975	36	1,000025	36
3	0,999995	20	1,000005	20
3,75	1,000000	5	1,000000	5
4	0,999999	1	1,000001	1
5	0,999988	11	1,000012	11
6	0,999962	26	1,000038	26
7	0,999921	41	1,000079	41
8	0,999865	56	1,000135	56
9	0,999795	70	1,000205	70
10	0,999711	84	1,000289	84
11	0,999613	98	1,000387	98
12	0,999503	110	1,000497	110
13	0,999380	123	1,000620	123
14	0,999244	136	1,000757	137
15	0,999095	149	1,000906	149
16	0,998935	160	1,001066	160
17	0,998763	172	1,001239	173
18	0,998580	183	1,001422	183
19	0,998386	194	1,001617	195
20	0,998180	206	1,001822	205
21	0,997965	215	1,002039	217
22	0,997740	225	1,002265	226
23	0,997504	236	1,002502	237
24	0,997259	245	1,002749	247
25	0,997003	256	1,003005	256
26	0,996740	263	1,003271	266
27	0,996468	272	1,003545	274
28	0,996187	281	1,003828	283
29	0,995898	289	1,004119	291
30	0,995601	297	1,004418	299
31	0,995296	305	1,004726	308
32	0,994984	312	1,005041	315
33	0,994665	319	1,005363	322
34	0,994338	327	1,005694	331
35	0,994004	334	1,006032	338
36	0,993665	339	1,006375	343
37	0,993320	345	1,006725	350
38	0,992968	352	1,007081	356
39	0,992611	357	1,007444	363
40	0,992247	364	1,007813	369

Digitized by Google

Auch die Ausdehnung verschiedener anderer Flüssigkeiten durch die Wärme ist von Muncke gleichzeitig mit der des Wassers untersucht worden. Hierbei bediente er sich auch desselben oben beschriebenen Apparates. Die Flüssigkeiten, welche in Untersuchung gezogen wurden, erhielt Muncke von dem ausgezeichneten Chemiker L. Gmelin, mit Ausnahme des Mandelöls, welches er aus einer guten Officin bezog, so daß also ihre völlige Unverfälschtheit angenommen werden kann.

Mit künstlich bereitetem Seewasser, d. h. mit Wasser, welches aus den durch Untersuchung gefundenen Bestandtheilen des Seewassers zusammengesetzt war, hatte schon vor Muncke Erman d. J. (eigentlich mit Kochsalzauflösung von 1,0270 spec. Gew. bei 12° R., was ungefähr das spec. Gewicht des Meerwassers ist) Versuche angestellt und so lange dasselbe flüssig blieb, keinen Punkt höchster Dichte gefunden. Selbst wenn sich Eis darin bildete, nahm der flüssig gebliebene Theil beständig und sehr stark an Dichtigkeit zu. Salzwasser von 1,020 spec. Gew. zeigte ebenfalls keinen Punkt höchster Dichtigkeit, wenigstens keinen, der merklich vom Gefrierpunkte der Lösung entfernt wäre, also von —1°,25 R. Salzwasser von 1,010 spec. Gew. erreicht einen Grad höchster Dichtigkeit bei 1°, 50 R., also bedeutend unter dem Grade höchster Dichtigkeit, welches reines Wasser hat. Dieß sind Erman's Beobachtungen, welche von Muncke bestätigt worden sind. Muncke's Versuche sind zwischen 0° und 100° angestellt. Er fand durch Berechnung nach der von ihm aufgestellten Formel, daß der Punkt höchster Dichtigkeit für das Seewasser bei —5°, ¼ C. liege, und die Beobachtung Muncke's zeigte, daß bei —1°, 25 C. in der That noch Verminderung des Volumens statt finde. Nach Wrangels Angabe soll das Seewasser bei —5° C. zu krystallisiren beginnen, also in der Nähe des nach der Formel gefundenen Punktes höchster Dichtigkeit. Die Resultate von Muncke's Versuchen s. S. 124.

Die Ausdehnung des Weingeistes durch die Wärme ist besonders zu berücksichtigen wegen der häufigen Anwendung desselben zu Thermometern, namentlich bei Beobachtungen sehr niedriger Temperaturen. Tralles hatte angegeben, daß nach seinen vielen mit größter Sorgfalt angestellten Versuchen die Ausdehnung des absoluten Alkohols von —26°, 11 bis +37°, 22 C. ganz gleichförmig sei, und für 1° C. 0,000846 seines Volumens betrage; daß aber für die ungleiche Ausdehnung von wasserhaltigem Alkohol kein allgemeines Gesetz gefunden werden könne. Nach Muncke, welcher seine Formel, nach welcher er seine nachstehende Tabelle berechnete, auf Beobachtungen zwischen 0° bis 72°, 5 C. begründete, ist Tralles erstere Annahme unrichtig.*) Durch Berechnung nach der Formel würde der Weingeist

*) Der von Muncke angewandte Alkohol war als absoluter Alkohol von Gmelin nach Richter's Methode bereitet, und zeigte bei 20° C. ein spec. Gew. von 0,801, während nach Richter und Meißner das spec.

Digitized by Google

seine höchste Dichtigkeit bei —56°, 6 C. erlangen. Parry berichtet, daß auf dem Verdecke seines Schiffes bei der Melville-Insel in einer Temperatur von —45° bis —48°, 5 C. der stärkste Conjac zu einer syrupähnlichen Masse geronn, wornach sich vermuthen läßt, daß nicht zu tief unter dieser Temperatur der Gefrierpunkt oder wenigstens der Punkt der höchsten Dichtigkeit des Alkohols liege. Hutton hat behauptet, er habe bei —79° C. den Alkohol zum Gefrieren gebracht, doch hat bis jetzt Niemand seinen Versuch nachahmen können.

Muncke's Tabelle ist folgende:

Volumen des Alkohols von 0,808 specif. Gew. bei 12°, 5 C.*)

C.	Volumen.	Dichtigkeit.	C.	Volumen.	Dichtigkeit.
—50	0,96532576	1,03591972	—22	0,98020300	1,02010401
—49	0,96554749	1,03568183	—21	0,98099278	1,01937548
—48	0,96579740	1,03541383	—20	0,98179555	1,01854107
—47	0,96607485	1,03511647	—19	0,98261089	1,01769683
—46	0,96637916	1,03479051	—18	0,98343839	1,01684051
—45	0,96670971	1,03443669	—17	0,98427765	1,01597349
—44	0,96706586	1,03405573	—16	0,98512827	1,01509622
—43	0,96744698	1,03364837	—15	0,98598989	1,01420917
—42	0,96785245	1,03321533	—14	0,98686212	1,01331277
—41	0,96828166	1,03275733	—13	0,98774460	1,01240744
—40	0,96873403	1,03227415	—12	0,98863698	1,01149361
—39	0,96920894	1,03176925	—11	0,98953891	1,01057167
—38	0,96970583	1,03124056	—10	0,99045005	1,00964202
—37	0,97022412	1,03068968	— 9	0,99137008	1,00870504
—36	0,97076325	1,03011728	— 8	0,99229866	1,00776110
—35	0,97132265	1,02952401	— 7	0,99323550	1,00681056
—34	0,97190178	1,02891055	— 6	0,99418028	1,00585378
—33	0,97250010	1,02827752	— 5	0,99513271	1,00489108
—32	0,97311708	1,02762556	— 4	0,99609252	1,00392280
—31	0,97375221	1,02695530	— 3	0,99705941	1,00294925
—30	0,97440496	1,02626734	— 2	0,99803312	1,00197074
—29	0,97507484	1,02556239	— 1	0,98901340	1,00098756
—28	0,97576135	1,02484074	0	1,00000000	1,00000000
—27	0,97646400	1,02410328	1	1,00099266	0,99900832
—26	0,97718232	1,02355048	2	1,00199116	0,99801279
—25	0,97791583	1,02258288	3	1,00299527	0,99701367
—24	0,97866408	1,02180105	4	1,00400478	0,99601119
—23	0,97942662	1,02100553	5	1,00501948	0,99600558

Gew. des absoluten Alkohols bei 20° C. =0,792 oder =0,791 sein soll. Es fragt sich, ob die Bestimmungen dieser Physiker, welche mit Benutzung minder genauer Instrumente gegeben waren, unrichtig sind, oder ob der von Gmelin bereitete Alkohol nicht ganz wasserfrei war.

*) Dieß gibt auf 20° C. reducirt 0,801 spec. Gew.

Digitized by Google

C.	Volumen.	Dichtigkeit.	C.	Volumen.	Dichtigkeit.
6	1,00603917	0,99399708	39	1,04170619	0,95996357
7	1,00706366	0,99298588	40	1,04283949	0,95892034
8	1,00809277	0,99197218	41	1,04397679	0,95787569
9	1,00912634	0,99095619	42	1,04511776	0,95682997
10	1,01016419	0,98993807	43	1,04626351	0,95578215
11	1,01120627	0,98891791	44	1,04741120	0,95473487
12	1,01225214	0,98789615	45	1,04856394	0,95368527
13	1,01530195	0,98687266	46	1,04972091	0,95263415
14	1,01435549	0,98584767	47	1,05088225	0,95158139
15	1,01341262	0,98482131	48	1,05204814	0,95052684
16	1,01647325	0,98379371	49	1,05321875	0,94947036
17	1,01753726	0,98276499	50	1,05439427	0,94841183
18	1,01860456	0,98173527	51	1,05557488	0,94735107
19	1,01967507	0,98070456	52	1,05676081	0,94628792
20	1,02074872	0,97967303	53	1,05795225	0,94522223
21	1,02182543	0,97864074	54	1,05914943	0,94415383
22	1,02290514	0,97760774	55	1,06035258	0,94308253
23	1,02398782	0,97657411	56	1,06156193	0,94200851
24	1,02507340	0,97553989	57	1,06277774	0,94093050
25	1,02616187	0,97450511	58	1,06400025	0,93984939
26	1,02725320	0,97346982	59	1,06522974	0,93876462
27	1,02834738	0,97243404	60	1,06646647	0,93767598
28	1,02944439	0,97139778	61	1,06771072	0,93658326
29	1,03054424	0,97036105	62	1,06896280	0,93548624
30	1,03164694	0,96932386	63	1,07022299	0,93438471
31	1,03275251	0,96828618	64	1,07149160	0,93327842
32	1,03386099	0,96724802	65	1,07276896	0,93216716
33	1,03497240	0,96620933	66	1,07405538	0,93105068
34	1,03608679	0,96517010	67	1,07535120	0,92992874
35	1,03720422	0,96413027	68	1,07665676	0,92880110
36	1,03832476	0,96308981	69	1,07797243	0,92767678
37	1,03944847	0,96204865	70	1,07929854	0,92652770
38	1,04057543	0,96100673			

Die Ausdehnung des Schwefeläthers wurde von Muncke von —21° C. bis +40° C. beſtimmt. Dieß erſcheint auffallend, weil der Siedepunkt des reinen Aethers ſchon bei +35° C. liegt. Es beruht die Möglichkeit, die Verſuche doch noch weiter fortzuſetzen, auf dem merkwürdigen Umſtande, daß der Aether, welcher in offenen Gefäßen wirklich bei 35° C. kochte, und der auch in der thermometerartigen Meßröhre, deren ſich Muncke bediente, ſo lange er nur die Kugel, nicht aber die enge Röhre, füllte, bei 35° kochte, erſt bei 40°, ja bei 42° zum Kochen kam, wenn er ſich in der engen Röhre 6 bis 10 Zoll hinauf erſtreckte. Dieſe Erſcheinung hat nach Muncke ihren Grund darin, daß die Dämpfe im letzten Falle, indem ſie ſich unten entwickeln, nicht bloß den Druck der Atmoſphäre, ſondern auch noch

Digitized by Google

den Widerstand zu überwinden haben, den die Adhäsion der Flüssigkeit ihrem Aufsteigen entgegensetzt. Der Punkt größter Dichtigkeit des Aethers fällt nach Berechnung mittelst der Formel nahe genau auf —36° C. Dem entspricht die Bemerkung Fourcroy's und Vauquelin's, daß der Aether bei —31° C. glänzende Blättchen absetzt, bei —44° C. aber zu einer weißen krystallinischen Masse gerinnt. — S. die folgende Tabelle S. 124.

Muncke's Beobachtungen bei rectificirtem Steinöl gehen von 0° bis 95° C. Der Punkt der größten Dichtigkeit fällt nach der Formel nahe bei —71° C. — S. 124.

Ueber Aetzammoniak stellte Muncke zwischen —15° C. und +45° C. Beobachtungen an, bei Salzsäure zwischen —20° C. u. +45° C., bei Salpetersäure zwischen —20° C. bis +115° C.*), bei Mandelöl zwischen 0° und 120°. Bei allen diesen Flüssigkeiten fand Muncke keinen Punkt höchster Dichtigkeit, dagegen gab die Formel einen Punkt größter Ausdehnung der Aetzammoniakflüssigkeit bei 74°, 8 C., der Salzsäure bei 87°, 5 bis 88° C., der Salpetersäure bei 186°, 3 C., des Mandelöls nahe bei 296° C. Man kann also annehmen, daß in der Nähe dieser Grade die angegebenen Flüssigkeiten ihren Aggregationszustand ändern, in der That beginnt auch die Zersetzung des Mandelöls bei 300° C. — S. 124.

Endlich ist von Muncke noch die Ausdehnung der Schwefelsäure von —30° bis +230° C. beobachtet worden. Die nur aus den Resultaten zwischen 0° bis 100° C. abgeleitete Formel gibt für alle Temperaturen zwischen —100° C. und +100° C. genauere Resultate, als eine aus allen Beobachtungen abgeleitete Formel, wohingegen diese letzte Formel für höhere Temperaturen brauchbarere Resultate gibt. Nach der aus den Beobachtungen zwischen 0° und 100° C. abgeleiteten Formel liegt der Punkt größter Dichtigkeit der Schwefelsäure bei —39°, 2. Hiermit stimmt überein, daß das zweite Schwefelsäurehydrat, dessen spec. Gew. = 1,845 ist, nach Thomson in Thermometerkugeln bei —39° C. gefriert. Die Ansicht der beiden Tabellen, welche Muncke nach beiden erwähnten Formeln berechnet, bestätigt das Gesagte.

Volumen der Schwefelsäure von 1,836 spec. Gew. bei 12°, 5 C.

1) Nach der Formel, welche aus Beobachtungen von 0° bis 100° C. abgeleitet ist. (Lufttherm.)

Temp. C.	Berechnet.	Beobachtet.	Temp. C.	Berechnet.	Beobachtet.
—30	0,98835759	0,98186243	20	1,01134391	1,01128108
—20	0,99104416	0,98848625	30	1,01727050	1,01726336
—10	0,99506140	0,99411959	40	1,02284444	1,02319476
0	1,00000000	1,00000000	50	1,02894595	1,02902128
10	1,00551862	1,00567401	60	1,03462395	1,03465294

*) Wo die Temperatur über 100° C. steigt, sind Grade des Luftthermometers zu verstehen, indem die beobachteten Grade des Quecksilberthermometers hierauf reducirt worden sind.

Digitized by Google

Temp. C.	Berechnet.	Beobachtet.	Temp. C.	Berechnet.	Beobachtet.
70	1,04026153	1,04019751	160	1,13380888	1,09397396
80	1,04599319	1,04600879	170	1,15765713	1,10018820
90	1,05202145	1,05299768	180	1,18668346	1,10655921
100	1,05861677	1,05784947	190	1,22177017	1,11288223
110	1,06611761	1,06382361	200	1,26386750	1,11928861
120	1,07493039	1,06918854	210	1,31452158	1,12591284
130	1,08552953	1,07510566	220	1,37323501	1,13224643
140	1,09845742	1,08055395	230	1,44274559	1,13885767
150	1,11432442	1,08727137			

2) Nach der Formel, welche aus Beobachtungen von 0° bis 230° C. abgeleitet ist. (Luftthерm.)

Temp. C.	Berechnet.	Beobachtet.	Temp. C.	Berechnet.	Beobachtet.
— 30	0,98444724	0,98186245	80	1,14634497	1,04600879
— 25	0,98687121	0,98516316	85	1,04924380	1,04902662
— 20	0,98937250	0,98848625	90	1,05213505	1,05299768
— 15	0,99194328	0,99135488	95	1,05501922	1,05493246
— 10	0,99457611	0,99411959	100	1,05789719	1,05784947
— 5	0,99726392	0,99707687	105	1,06077020	1,06088253
0	1,00000000	1,00000000	110	1,06363987	1,06382361
5	1,00277803	1,00281920	115	1,06650821	1,06665414
10	1,00559208	1,00567401	120	1,06937760	1,06918854
15	1,00843659	1,00842484	125	1,07225080	1,07215479
20	1,01130638	1,01128108	130	1,07513096	1,07510566
25	1,01419663	1,01408097	135	1,07802158	1,07825436
30	1,01710293	1,01726336	140	1,08092592	1,08055395
35	1,02002123	1,02007593	150	1,08679708	1,08727137
40	1,02294785	1,02319476	160	1,09278126	1,09397396
45	1,02587807	1,02611664	170	1,09892386	1,10018820
50	1,02881327	1,02902128	180	1,10527572	1,10655921
55	1,03174663	1,03181878	190	1,11189372	1,11288223
60	1,03468742	1,03465294	200	1,11884079	1,11928861
65	1,03760386	1,03743377	210	1,12618593	1,12591284
70	1,04052455	1,04019751	220	1,13400417	1,13224643
75	1,04343847	1,04312375	230	1,14237660	1,13885767

Anm. Bei Temperaturen bis zu +100° C. kann man entweder die Tabelle 1) oder 2) anwenden, indem sie wenig von einander abweichen, doch hat die Tabelle 1) den Vorzug. Für höhere Temperaturen sind dagegen durchaus die berechneten Werthe der Tabelle 2) vorzuziehen.

Die Resultate, welche Muncke in Bezug auf Seewasser, Schwefeläther, Steinöl, Ammoniakflüssigkeit, Salzsäure, Salpetersäure und

Digitized by Google

Mandelöl berechnet und beobachtet, sind in folgender Tabelle zusammengestellt, indem die beobachteten Volumina in Klammern unter die berechneter gesetzt sind. (Das spec. Gew. bei 12°, 5 C.)

Temp. C.	Vol. des Seewassers.	Vol. des Schwefeläthers v. 0,734 sp. Gew.	Vol. des Steinöls v. 0,781 sp. Gew.	Vol. der Ammoniakflüssigkeit v. 0,781 sp. Gew.	Vol. der Salzsäure v. 1,198 sp. Gew.	Vol. der Salpetersäure v. 1,440 sp. Gew.	Vol. des Mandelöls.
— 21	—	0,97170629 (0,96964220)	—	—	—	—	—
— 20	—	—	—	—	—	0,97762813 (0,98040173)	—
— 15	—	—	—	—	—	—	—
— 5	—	0,99256527 (0,99212139)	—	0,99603169 (0,99610728) 0,99862840 (0,99860241)	0,98797124 (0,98841444) — 0,99714314 (0,99704555)	0,99462246 (0,9951419)	—
0	1,00000000	1,00000000	1,00000000	1,00000000	1,00000000	1,00000000	1,00000000
+ 5	1,00041360 (1,00043545)	1,00755266 (1,00770346)	1,00499258 (1,00498672)	1,00150030 (1,00147272)	1,00281978 (1,00286235)	1,00529497 (1,00534584)	1,00383090 (1,00383681)
+ 35	—	1,05481215 (1,05504281)	—	—	—	—	—
+ 40	—	1,06122996 (1,06352347)	—	1,01700993 (1,01696283) 1,01967037 (1,01983104)	1,02248700 (1,02245027) 1,02524416 (1,02535979)	—	—
+ 45	—	—	—	—	—	—	—
+ 50	1,01367041 (1,01360053)	—	1,05265276 (1,05248669) 1,09943346 (1,09945861) 1,10599185 (1,10600590)	—	—	1,05356356 (1,05351646)	1,03825488 (1,03830628)
+ 90	—	—	—	—	—	—	—
+ 95	1,01044712 1,04044010)	—	—	—	—	—	—
+ 100	1,01417879 (1,04420981)	—	—	—	—	1,11527903 (1,11488526) 1,12808246 (1,12867367) 1,13113667 (1,13547931)	1,07874252 (1,07870046)
+ 110	—	—	—	—	—	—	—
+ 115	—	—	—	—	—	—	1,09415790 (1,09113032)
+ 120	—	—	—	—	—	—	1,09530016 (1,09528358)

Digitized by Google

Die Ausdehnung der expansiblen Flüssigkeiten durch die Wärme hat man schon vor längerer Zeit beobachtet, konnte aber bis auf Gay-Lussac zu keinem entscheidenden Resultate kommen. Die Untersuchungen Gay-Lussac's indeß sind entscheidend, indem derselbe gefunden hat:

„Daß alle bleibenden Gasarten, wenn sie gleicher Temperatur und gleichem Drucke ausgesetzt werden, genau um gleich viel sich ausdehnen; und daß die Größe ihrer gemeinschaftlichen Ausdehnung vom Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte des Wassers 0,375 des Volumens, welches sie bei 0° haben, beträgt. Zwischen diesen beiden Punkten ist die Ausdehnung der Gasarten der Ausdehnung des Queckſilbers, also auch den Temperaturgraden genau proportional, also daß sich jede Gasart für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers, bei dem nämlichen Druck, um eine Größe ausdehnen, die den 0,00375sten Theil des Volumens beträgt, welches sie bei der Temperatur des schmelzenden Eises einnehmen."

Die ersten Beobachtungen über Ausdehnung der Luft durch die Wärme stellte Amontons an und machte die (wie der Vergleich mit dem eben angeführten Gay-Lussacschen Resultate lehrt, ziemlich richtige) Bemerkung, daß sich dieselbe zwischen dem Gefrierpunkte und dem Siedepunkte des Wassers um 0,380 ihres Volumens bei 0° ausdehne. Die folgenden Beobachtungen stimmten jedoch keineswegs hiermit überein und Prieſtley fand sogar die Ausdehnung der Luft zwischen den genannten Grenzen = 0,9378, ein Resultat, welches selbst durch Morveau und Duvernois bestätigt wurde.

Auffallend genaue Resultate gab eine von der astronomischen Strahlenbrechung hergenommene Bestimmung der Ausdehnung der Luft durch die Wärme. Tobias Mayer fand nämlich, daß die lichtbrechende Kraft der Luft durch eine Wärmezunahme von 10° R. um $\frac{1}{2\frac{1}{2}}$ abnähme, woraus die Ausdehnung der Luft zwischen den beiden festen Punkten des Thermometers = 0,3656 sein würde. Gilbert macht die Bemerkung, daß Lichtenberg auf Mayer's Thermometer den Siedepunkt bei 82°, 5 gefunden habe, und wenn sich Mayer dieses Thermometers bediente, so würde jene Größe = 0,377 werden, also fast ganz mit Gay-Lussac's Bestimmung übereinkommen.

Die Art und Weise, in der Gay-Lussac seine Versuche anstellte, beschreibt Biot ausführlich wie folgt.

Um die Ausdehnung gasförmiger Substanzen mit Schärfe zu messen, muß man zuvörderst eine bekannte Quantität derselben in Röhren einschließen, die aufs Genaueste nach Theilen von gleicher Capacität graduirt sind, und sich in Kugeln endigen, die im Verhältniß zum Durchmesser der Röhre ein bedeutendes Volumen haben. In diesen Röhren nun hat man sie unter einem bekannten Druck zu erhalten, sie verschiedenen Temperaturen auszusetzen, und zu beobachten, um wie viel sie sich dabei ausdehnen oder zusammenziehen; mit einem Worte, man hat ein wahres Gasthermometer zu verfertigen. Zur Genauigkeit dieser Operation sind nun aber verschiedene Vorsichtsmaßregeln unerläßlich.

Was zuvörderst die Gradeintheilung der Röhren betrifft, so bedient

man sich dazu einer, von Gay-Lussac angegebenen (unter d. Art. Thermometer nachzusehender) Verfahrungsart. Um die Capacität der Kugel, so wie die der Röhre kennen zu lernen, füllt man sie nach einander mit Queckſilber an, und bestimmt nach der Gewichtszunahme, die ſie dabei erhalten, und die man durch die Wage mißt, das Volumen, das ſie zu faſſen vermögen; indem man weiß, daß ein Kubikmillimeter Queckſilber (0,087113 Kub. Linien), bei einer Temperatur von Null Grad 13,59719 Milligrammen (beinahe $\frac{1}{4}$ Gran) wiegt. Es iſt ferner erforderlich, die Röhren, bevor man die Gaſe darin einſchließt, vollkommen auszutrocknen; denn, wie ſchon erwähnt, legt ſich inwendig an die Glasröhren, welche offen der freien Luft ausgeſetzt ſind, eine kleine unſichtbare Schicht Feuchtigkeit an, welche die Wärme in Dampfgeſtalt davon losreißt. Entfernt man nun dieſe dünne Waſſerſchicht nicht zuvor, ſo wird der, bei den verſchiedenen Temperaturen daraus ſich bildende Dunſt ſich mit dem in die Röhre gebrachten Gaſe vermiſchen und ſein Volumen vergrößern. Da nun die Menge der, ſolchergeſtalt ausgehauchten, Dünſte mit der Temperatur ſteigen muß, bis die dünne Waſſerſchicht gänzlich erſchöpft iſt, ſo ſieht man, wie vermöge des Einfluſſes dieſer fremden Urſachen die der Gasart eigenthümliche Ausdehnung immer noch einen Zuwachs erhalten muß, der mit der Temperatur ſteigt. Dieß iſt für mehrere Phyſiker eine Urſache der Irrung geweſen.

Das einzige Mittel, ſich dagegen zu ſichern, iſt, dieſe dünne Waſſerſchicht vorher durch Verwandlung in Dünſte zu verjagen, indem man die Röhre ſtark erhitzt. Damit aber die Luft bei freiem Zutritt zur Röhre nicht wieder Feuchtigkeit mit ſich in dieſelbe hineinbringe, muß man die Röhre mit Queckſilber füllen, und dieſes darin, wie in einem Thermometer, ſieden laſſen. Mag nun, was wohl bemerkt zu werden verdient, dieſes Sieden die, am Glas hängende, Waſſerſchicht ganz oder nicht ganz verjagt haben, wenigſtens wird nichts mehr davon ausgehaucht werden können, wenn die Röhre geringern Temperaturen ausgeſetzt wird, als die iſt, bei welcher das Queckſilber ſiedet. Dieß iſt die erſte Vorſichtsmaßregel, die Gay-Luſſac nahm.

Um nun in die Röhre nichts, als trockne atmoſphäriſche oder andere Gasarten einzubringen, kittet er an ihr offenes Ende eine andere, weitere Röhre TT, Fig. 28., welche ſich als eine Art Recipient, das Gas zu faſſen, betrachten läßt. Dieſe Röhre iſt zum Theil mit Stükken Chlorcalcium oder eines andern, die Feuchtigkeit einſaugenden, Salzes gefüllt. Man kann ſie ſogar vorher luftleer machen, damit ſich das eingebrachte Gas mit keiner atmoſphäriſchen Luft vermiſchen könne. Um nun eine gewiſſe Quantität in die Röhre TG einzubringen, bedient ſich Hr. Gay-Luſſac eines kleinen, ganz feinen, ſchon zuvor in dieſe Röhre gebrachten, Eiſendrahts. Er neigt die Röhre oder kehrt ſie vertical um, und läßt ſo eine große Menge des, darin enthaltenen, Queckſilbers ausfließen, deſſen Stelle durch ein gewiſſes Volumen Gas, GG, Fig. 29., eingenommen wird. Unter Beobachtung einiger Vorſicht bringt man es ſo weit, daß in der Röhre bloß noch eine kleine Queckſilberſäule M bleibt, die als Kolben dient; der ganze Raum GG aber,

Digitized by Google

von M bis zur Kugel der Röhre, ist mit dem hineingebrachten trocknen Gas angefüllt. Operirt man mit atmosphärischer Luft, so hat man nicht nöthig, den Recipienten TT luftleer zu machen; man braucht bloß die Luft einige Zeit darin über den Salzen stehen zu lassen, worauf man sie auf die angezeigte Art in die Röhre TG einbringt.

Nach Einbringung des Gases hat man nur noch dasselbe successiv verschiedenen Temperaturen auszusetzen. Zu diesem Zweck bedient sich Gay-Lussac eines metallnen Gefäßes AB, Fig. 29., in Gestalt eines Parallelepipedums, dessen Boden über einem Ofen von derselben Größe steht. Man gießt Wasser in dieß Gefäß und erhitzt es bis zu verschiedenen Graden. Ein Thermometer V, welches vertical in dieß Wasser taucht, und mit seiner Röhre über den Deckel des Gefäßes hinausragt, dient zu einer ungefähren Angabe seiner Temperatur, damit man wisse, ob man das Feuer zu verstärken oder zu schwächen habe.

Keineswegs aber darf die, das Gas enthaltende, Röhre TG auf dieselbe Art in das Wasser tauchen; denn die Erfahrung hat uns gelehrt, daß die verschiedenen Horizontalschichten einer, von unten erhitzten, Flüssigkeit nicht dieselben Temperaturgrade haben. Um demnach genau zu wissen, welchem Grade sich das Gas ausgesetzt befinde, muß man die Röhre, worin es enthalten ist, in eine horizontale Lage bringen, wie die Figur darstellt; wo man dann die Anzeige ihrer Temperatur in aller Schärfe durch ein genaues Thermometer hts erhält, das jener Röhre gegenüber in derselben Schicht, gleichfalls horizontal, angebracht ist.

Allein, unsrer Voraussetzung zufolge, war das Gefäß von Metall. Wie ist es nun möglich, durch seine Wände hindurch die Grade des Thermometers hts und den veränderlichen Punkt G der graduirten Röhre, bei welchem in jedem Augenblicke das Gasvolumen stehen bleibt, zu beobachten? Es geht nicht an, diesen Punct G und die Röhre ts des Thermometers beständig außerhalb des warmen Wasserbades zu erhalten; weil sie dann nicht mehr die Temperatur desselben haben, und somit Irrungen in der Beobachtung veranlassen würden. Keinen Nachtheil jedoch kann es bringen, die Röhren von Zeit zu Zeit während des kurzen Zeitraums, der zu ihrer Beobachtung erforderlich ist, herauszuziehen, was Gay-Lussac auf eine ganz einfache Weise bewerkstelligt. Die Mündungen OO, durch welche die Röhren in das Gefäß eintreten, werden mit Korkstöpseln verschlossen, welche in der Mitte eine Oeffnung haben, durch die sich die Röhren mit Reibung hin und zurück schieben lassen. Will man nun den Zustand des Gases GG beobachten, so zieht man die Röhre TG so weit heraus, daß das Ende M der kleinen Queckſilbersäule an der Mündung O zum Vorschein kommt, wo man dann sieht, bei welchem Puncte der Eintheilung es steht, und hiedurch erfährt, welches Volumen das Gas in diesem Augenblicke hat. Will man nun auch das Thermometer beobachten, so zieht man seine Röhre gleichfalls heraus, bis das Ende t der Queckſilbersäule an der Mündung O vortritt: der Grad des Thermometers, welchem es entspricht, wird für den nämlichen Augenblick die Temperatur der Horizontalschicht anzeigen, in welcher sich das Gas befindet.

Digitized by Google

So erfährt man in jedem Augenblick die Temperatur dieses Gases aufs Genaueste. Bringt man also erst Wasser von 0 Grad in das Gefäß, und erhöht dann stufenweise die Temperatur desselben bis zum Sieden; oder bringt man es umgekehrt vom Siedepunct bis zum Frostpunct herab, so wird man ganz scharfe Vergleichungen zwischen den Veränderungen im Gasvolumen und dem Thermometerstande anstellen können; d. h. man wird in jedem Augenblicke durch die, auf beiden Röhren verzeichneten, Eintheilungen das scheinbare Volumen des Quecksilbers, so wie das des Gases erfahren können. Zieht man von diesen gefundenen Größen die Größe der Ausdehnung ab, welche für das Glas, aus dem die Röhren bestehen, in Betracht kommt, so wird man die absoluten Volumina erhalten. Wenn endlich der Luftdruck während des Laufs der Versuche Abänderungen erlitten hat, was gewöhnlich der Fall ist, so bringt man dieserhalb Correctionen nach dem Mariottischen Gesetze an. Auf solche Weise erfährt man ganz genau, welches Volumen die nämliche Masse Gas bei verschiedenen Temperaturen, unter Voraussetzung eines sich gleichbleibenden Luftdrucks, z. B. von 0^m, 76, eingenommen haben würde; und man hat dann diese Volumina bloß noch unter einander zu vergleichen, um zu wissen, ob die Ausdehnung gleichförmig oder ungleichförmig erfolgt; denn im ersten Fall werden die successiven Zunahmen des nämlichen Volumens den Temperaturzunahmen, welche das Gas erfuhr, proportional sein; eine Proportionalität, die nicht Statt haben wird, wenn die Ausdehnung in wachsendem oder abnehmendem Grade erfolgt. Dieser Versuch, auf die beschriebene Weise und mit allen angegebenen Vorsichtsmaßregeln angestellt, und sowohl mit atmosphärischer Luft als andern Gasarten in vollkommen trocknem Zustande häufig wiederholt, führte Gay-Lussac zu den oben angegebenen Resultaten.

Eben so hat sich Gay-Lussac überzeugt, daß die luftförmigen Substanzen, welche der Verflüchtigung tropfbarer Flüssigkeiten ihren Ursprung verdanken, sich ganz nach denselben Gesetzen, als die bleibenden Gasarten ausdehnen, so lange sie nicht in tropfbaren Zustand zurückkehren. Um dieß durch einen Versuch zu erweisen, nahm er die austrocknenden Salze aus dem Recipienten TT heraus, und brachte in die Röhre TG nicht getrocknetes Gas, das mithin mit der Feuchtigkeit geschwängert war, die es im natürlichen Zustande in Dunstgestalt enthält, und welche von den austrocknenden Salzen unter Gewichtszunahme derselben eingesaugt zu werden vermag. Vermöge dieses Verfahrens fand sich der Raum GG mit einer Mischung von Gas und von Wasserdünsten angefüllt; und diese Mischung dehnte sich, wenn sie successiv in verschiedene, immer höhere, Temperaturen gebracht wurde, grade so aus, als hätte dasselbe Volumen bloß aus trocknem Gase bestanden. Keineswegs aber darf man dieses Gesetz auch auf solche Fälle ausdehnen, wo die Temperatur unter den Grad erniedrigt wird, auf welchem sie beim Einbringen des Gases stand; denn wir werden weiterhin durch die Erfahrung nachweisen, daß dasselbe Volumen Gas bei einer gegebenen Temperatur nur eine gewisse beschränkte Menge Wasser in Dunstgestalt enthalten kann; wonach, wenn es bei einem gewissen Tempera-

Digitized by Google

turgrade mit Wasserdünsten gesättigt war, beim Sinken der Temperatur ein Theil dieser Dünste sich in tropfbar flüssiger Gestalt niederschlagen muß. Da dieser Theil in seiner neuen Gestalt ein weit geringeres Volumen, als vorher, einnimmt, so wird dadurch das absolute Volumen des Gases vermindert, und seine Spannkraft verändert werden; und es werden sich aus dieser doppelten Ursache die Gesetze seiner scheinbaren Ausdehnung abändern müssen.

Gay-Lussac hat auch die Ausdehnung des Aetherdunstes untersucht, und sie nicht verschieden von der der Gasarten gefunden; was zu der Vermuthung berechtigt, daß dieß Resultat allgemein für alle Arten Dünste gilt, so lange sie im luftförmigen Zustande bleiben.

Dalton nahm schon früher als Gay-Lussac ähnliche Untersuchungen vor, und kam zu ziemlich gleichlautenden Resultaten. Er stellte seine Untersuchungen so an, daß Luft über Schwefelsäure getrocknet, in graduirten gläsernen Röhren einer verschiedenen Temperatur ausgesetzt, und die dann beobachtete Ausdehnung derselben gemessen wurde. Darin weicht Dalton von Gay-Lussac ab, daß er die Zunahme der Ausdehnung nicht für gleichmäßig erklärte, sondern meinte, dieselbe nehme mit der Temperatur ab. Ganz einig mit Gay-Lussac ist Dalton darüber, daß auch Wasserstoffgas, Sauerstoffgas, kohlensaures und Salpetergas, und mithin der Analogie nach alle Gasarten sich eben so ausdehnen, wie die atmosphärische Luft. Aus den von Dalton über das Verhalten der Dämpfe und der feuchten Luft aufgestellten Gesetzen folgt, daß auch feuchte, nur nicht mit tropfbar flüssigem Wasser gemengte Luft, also auch Wasserdämpfe und überhaupt alle vollkommen expandirten Dämpfe eine gleiche Ausdehnung haben, als atmosphärische Luft. Die Ausdehnung der expansiblen Flüssigkeiten von 0° bis 100° C. gibt Dalton $=0{,}376$ an. Berücksichtigt müssen noch die Versuche werden, welche mit großer Genauigkeit von Luz angestellt worden sind. Dieser bediente sich eines Manometers aus einer genau calibrirten Röhre mit einer angeblasenen Kugel bestehend, deren Inhalt er durch Abwiegen mit Quecksilber scharf bestimmte, und die er mit Quecksilber auskochte, um die etwa anhängende Feuchtigkeit wegzuschaffen. Dann füllte er den Apparat mit der zu messenden Luft, sperrte diese durch etwas Quecksilber, senkte Kugel und Röhre bis an das sperrende Quecksilber in Eis, bezeichnete den Standpunkt mit 0, und maß dann die Ausdehnungen von 10 zu 10 Graden R., wobei er folgende Resultate erhielt, das Volumen bei $0° = 1$ gesetzt:

Digitized by Google

Ausdehnungen.

Grade nach R.	mit Salzen getrocknete Luft.	Differ.	Gemeine Luft von 50° Sauss. Hygr.	Differ.	Ganz feuchte Luft.	Differ.
		0,0470		0,0490		0,0480
10	0,0470		0,0490		0,0180	
		0,0495		0,0535		0,0630
20	0,0965		0,1025		0,1110	
		0,0463		0,0555		0,0840
30	0,1528		0,1580		0,1950	
		0,0472		0,0470		0,0955
40	0,1900		0,2050		0,2905	
		0,0480		0,0470		0,0825
50	0,2380		0,2520		0,3730	
		0,0480		0,0470		
60	0,2860		0,2990			
		0,0460		0,0450		
70	0,3320		0,3440			
		0,0455		0,0395		
80	0,3775		0,3835			

Hiernach wäre die Ausdehnung der völlig trockenen Luft durchaus regelmäßig, und betrüge, nach den von Muncke angebrachten Correcturen 0,38352. Dagegen scheint sich nach den Angaben von Luz gewöhnliche feuchte Luft in den niederen Temperaturen stärker auszudehnen, als trockne, welches gegen die angeführte Behauptung Gay-Lussac's und Dalton's wäre.

Dulong und Petit haben bei Beobachtungen, die sie mit einem dem von Gay-Lussac ähnlichen Apparate anstellten, zunächst die Bestätigung der Gay-Lussacschen Beobachtungen gefunden, weiter aber auch, da sie statt des Wasserbades ein Bad aus fettem Oele anwendeten, welches auf höhere Temperaturen gebracht werden konnte, daß bei Temperaturen über 100° C. das Queckſilber ſich raſcher als die Gaſe ausdehnt, und zwar um ſo mehr, je näher es dem Grade, wo es ſiedet, kommt; ein Verhalten, welches ihm mit allen andern tropfbaren Flüſſigkeiten, wie oben gezeigt, zukommt.

Auslader iſt ein Inſtrument, deſſen man ſich bedient, um den electriſchen Funken auszuziehen und geladene Flaſchen und Batterieen zu entladen.

Da es bloß darauf ankommt, zwei Leiter mit einander in Verbindung zu ſetzen, ohne zugleich ſelbſt einen electriſchen Schlag zu erhalten, ſo iſt ein ſehr einfacher Entlader folgender. Zwei gewöhnlich halbmondförmig gekrümmte ſtarke Metalldrähte AC und BC (Fig. 30) an einem ihrer Enden mit Knöpfen (A und B) verſehen, laſſen ſich mittelſt eines Charniers um einen ihnen gemeinſchaftlichen Punkt C drehen; bei D und D haben ſie gläſerne Handhaben, durch welche der Experimentator iſolirt wird. Fände keine Iſolirung Statt, ſondern wollte man

Digitized by Google

etwa die Drähte AC und BC unmittelbar mit der Hand anfassen, so würde man bei Entladung starker Batterien eine Erschütterung erhalten und zwar eine um so stärkere, je dünner die Drähte des Ausladers sind, indem sich die durch dieselben geleitete Electricität nach den Seiten ausbreitet. Pfaff beschreibt folgenden Auslader.

Er besteht aus einem gläsernen Handgriffe D (Fig. 31) (weniger passend aus einem Handgriffe von gedörrtem Holze), und zwei krummen, etwa eine Linie dicken Messingdrähten BB, die sich um das Charnier A, das sich an der messingenen Kappe des gläsernen Handgriffes befindet, nach Art eines Cirkels bewegen lassen. Die Drähte sind zugespitzt und auf ihren Spitzen stecken die Kugeln CC, die eingeschraubt sind, und die man nach Gefallen abschrauben kann. Diese Einrichtung gewährt den Vortheil, daß man, nachdem es die Umstände erfordern, die Kugeln sowohl als die Spitzen gebrauchen kann, und da die Drähte in dem Charniere beweglich sind, so kann man sie nach Gefallen bei größeren und kleineren Flaschen anwenden. Beim Gebrauche faßt man das Instrument an dem Handgriffe an, berührt diejenige Seite der geladenen Flasche oder Scheibe, welche mit dem Erdboden in Verbindung steht, und in welcher also keine freie electrische Spannung ist, mit dem einen Knopfe, und nähert den andern Knopf derjenigen belegten Seite, von welcher die Ladung ausgegangen ist, oder irgend einem Leiter, der mit derselben in Verbindung steht, worauf dann bei hinlänglicher Annäherung die Verbindung zwischen beiden Seiten so weit ergänzt wird, daß der Schlag durch die Luft durchbrechen kann, und die Flasche entladen wird, ohne daß die Hand den Schlag fühlt. Bei Entladung einer Batterie wird insgemein der Haken an der Seite des Kastens, worin die Flaschen stehen, welcher mit der äußern Belegung verbunden ist, durch einen Draht oder eine Kette mit dem einen Arme des Ausladers zusammenhängen, der andere Arm aber mit seinem Knopfe einem der Stäbe genähert, welche die inneren Seiten der Flasche mit einander verbinden. Zur Entladung seiner Riesenbatterieen bediente sich van Marum eines ähnlichen Ausladers in großem Maßstabe, wovon unter dem Artikel Batterie noch die Rede sein wird. Will man eine stille Entladung ohne Funken und Schlag, so schraubt man die Kugel von dem einen Arme ab, und nähert die frei gewordene Spitze der Zuleiter zu derjenigen Belegung, auf welcher die freie electrische Spannung ist.

Um einen electrischen Schlag durch einen bestimmten Körper gehen zu lassen, bedient man sich vortheilhaft des Henleyschen oder allgemeinen Ausladers. (Fig. 32.) Dieser besteht aus zwei gläsernen Säulen AA, welche oben metallene Fassungen mit Kugelcharnieren BB haben. Durch diese gehen metallene, mit Knöpfen (die indeß auch abgeschraubt werden können) versehene Drähte, welche verschiebbar und mittelst der Charniere ihrer Fassungen beweglich sind. Zwischen beiden Säulen ist ein Tischchen C mit gläserner Platte angebracht. Auf dieses Tischchen wird der Körper, durch den der electrische Schlag geleitet werden soll, befestigt, die Metalldrähte so gestellt, daß ihre beiden Enden einander so gegenüberstehen, daß der Funke durch sie in der belieb-

Digitized by Google

ten Richtung durch den Körper gehe, und nun während der eine Draht mit der äußeren Belegung einer Flasche oder Batterie (z. B. durch eine Kette) in Verbindung gesetzt ist, wird der andere Draht mit der inneren Belegung mittelst eines gewöhnlichen Ausladers in Verbindung gebracht.

Mit Lane's Auslader oder Ausladeelectrometer kann man sich immer gleichstarke Ladungen verschaffen. Dieser besteht (Fig. 33.) aus einer leiderner Flasche A, mit der eine Glasstange C unten bei B in Verbindung gesetzt ist. Diese hat bei D eine Fassung, durch welche ein Draht fg geht, der an dem einen Ende eine Kugel f, am anderen Ende einen Haken g hat, in dem eine Kette gh hängt. Die Glasstange C muß so hoch sein, daß f dem Knopfe e der Flasche gegenüber zu stehen kommt. Der Draht fg ist in der Fassung D verschiebbar, und mit Graden bezeichnet, so daß man genau bestimmen kann, um wieviel man den Knopf f an e genähert habe. Von der Flasche geht eine andere Kette kl aus. Werden nun beide Ketten kl und gh mit einander in Verbindung gesetzt, so ist die Electricität der innern und äußeren Belegung der Flasche nur durch den Raum zwischen den Knöpfen f und e getrennt, und der Funke wird von selbst überspringen, sobald die Flasche die hierzu erforderliche Stärke der Ladung erhalten hat. So lange die Verbindung von g mit der äußeren Belegung der Flasche gleich gut, und der Knopf in derselben Entfernung vom Knopfe e bleibt, wird der electrische Schlag stets dieselbe Stärke haben.

Auslaugen ist eine chemische Operation, wenn bei einer theilweisen Lösung (s. d. Art.) der feste Körper als unnütz weggethan, die gelöste Flüssigkeit hingegen benutzt wird.

Auspressen ist eine mechanische Operation, bei welcher die flüssigen Theile mittelst angewandten Druckes von den festen Theilen abgesondert werden; man bedient sich dabei theils der Hände, theils der Pressen.

Aussüßen ist eine chemische Operation, wenn bei einer theilweisen Lösung (s. d. Art.) die gelöste Flüssigkeit als unnütz weggethan, der feste Körper hingegen benutzt wird.

Ausziehen ist eine chemische Operation, wenn aus einem Körper einzelne Theile durch Lösungsmittel gleichsam herausgezogen werden. Man bedient sich des Ausdruckes besonders bei organischen Körpern.

Austritt und Eintritt eines Gestirnes findet statt, wenn dasselbe von einem anderen Gestirne oder dessen Schatten bedeckt zu werden anfängt — Eintritt —, oder aus dieser Bedeckung wieder zum Vorschein kommt — Austritt. Diese Ausdrücke kommen besonders bei Mond- und Sonnenfinsternissen vor. Bei einer totalen Finsterniß nennt man den Augenblick, in welchem (bei einer Sonnenfinsterniß) die Sonne vom Monde verdeckt zu werden anfängt, oder wo (bei einer Mondfinsterniß) der Mond zuerst vom Schatten der Erde getroffen wird — den Anfang des Eintrittes; die Zeit, in welcher Mond oder Sonne ganz verdeckt sind, ist der gänzliche Eintritt; sobald ein Theil der Sonne oder des Mondes wieder sichtbar wird,

Digitized by Google

findet der Anfang des Austrittes statt; und der Augenblick, wo die Verfinsterung ganz aufhört ist ist der gänzliche Austritt, das Ende der Finsterniß. Bei ringförmigen Sonnenfinsternissen ist die Zeit des gänzlichen Eintrittes des Mondes die, in welcher der Ring rundum sichtbar wird; mit der inneren Berührung der verfinsterten Scheibe mit dem Sonnenrande tritt der Anfang des Austrittes ein. Wenn der Mond vor einem Fixsterne vorübergeht, so geschieht der Eintritt und Austritt des Sternes plötzlich, bei einem Planeten dagegen unterscheidet man Anfang und Ende sowohl des Eintrittes, als des Austrittes. Wenn Merkur oder Venus vor der Sonne vorübergehen, so unterscheidet man ähnlich wie bei Sonnenfinsternissen Anfang des Eintritts und gänzlichen Eintritt, Anfang des Austritts und gänzlichen Austritt. Auch bei den Verfinsterungen der Monde der Planeten findet natürlich Eintritt und Austritt statt.

Auswittern, Effloresciren (v. d. lat. efflorescere, hervorblühen) nennt man das Ausschießen von Krystallen aus einem der Luft ausgesetzten flüssigen oder festen Körper. So wittern aus Schwefelkies Eisenvitriolkrystalle, an Mauern Salpeterkrystalle u. s. w. aus.

Automat (v. d. griech. αὐτόματος, von selbst handelnd) heißt jede Maschine, welche so eingerichtet ist, daß der Mechanismus, welcher sie bewegt, dem Auge des Beobachters entzogen ist, und die Bewegung also aus der eigenen Willensbestimmung der Maschine zu entspringen scheint. Ist die äußere Gestalt der Maschine ähnlich der eines Menschen, und ahmen ihre Bewegungen menschliche Verrichtungen nach, so nennt man sie auch einen Androiden (v. d. griech. ἀνήρ, Mann, Mensch, und εἶδος, Gestalt).

In den Schriften des Alterthums wird mehrerer Automaten Erwähnung gethan. Großentheils mochten automatische Maschinen zu Priestertrug benutzt werden. Der älteste Automat, dessen gedacht wird, sind wohl die Dreifüße, welche Homer beschreibt. Diese, ein Werk des Vulkans näherten sich von selbst der Tafel der Götter und gingen von selbst wieder hinweg. Auch Aristoteles erzählt von sich selbst bewegenden Dreifüßen. Von Dädalus wird erzählt, er habe Statuen gefertigt, welche die Bewegungen des menschlichen Körpers nachahmten. In den Schriften des Plato, Aristoteles und Anderer wird von ihnen gesprochen, es heißt, man habe sie binden müssen, damit sie nicht davon liefen. Aristoteles erzählt von einer aus Holz gefertigten Venus, welche sich durch in ihr Inneres geschüttetes Queckſilber bewegte. Nach durch Aulus Gellius mitgetheilten Nachrichten soll Archytas von Tarent, der 400 Jahre vor Chr. Geb. lebte, eine Taube aus Holz verfertigt haben, welche durch einen in sie eingeschlossenen Hauch beseelt, fliegen, nachdem sie sich aber einmal niedergelassen, ihren Flug nicht wieder beginnen konnte. Pausanias erzählt von einem ehernen Adler, der durch inneren Mechanismus bewegt wurde; Polybius von einer kriechenden Schnecke, Athenäus von einem Androiden, der verschiedene menschliche Handlungen nachahmte. Aus der Zeit des Mittelalters ist der Wasseruhr zu erwähnen, welche der Kalif Harun al Raschid Karl dem Großen zum Geschenk machte. Auf dem Zifferblatte befan-

den sich 12 kleine Fenster, welche der Stundeneintheilung entsprachen. Durch das Oeffnen dieser Fenster wurden die Stunden angezeigt, indem kleine metallene Kugeln herauskamen, welche dadurch, daß sie auf eine messingene Glocke fielen, die Stunden schlugen. Die Thüren blieben bis um 12 Uhr geöffnet, wo 12 kleine Ritter zu Pferde zu gleicher Zeit herauskamen, und nachdem sie um das Zifferblatt in Parade herumgeritten, sich alle Fenster schlossen und sie in ihre Behausung zurückkehrten. Roger Baco und Albertus Magnus soll einen Androiden verfertigt haben, der den Anklopfenden die Thür öffnete und sie scheinbar anredete. Thomas von Aquino soll darüber so erschrocken sein, daß er den Kopf des Automaten zerschlug, und Albertus rief klagend aus: die Arbeit von dreißig Jahren ist vernichtet. Johannes Müller von seiner Vaterstadt Regiomontanus*) (der Königsberger) genannt soll einen künstlichen Adler verfertigt haben, der den Kaiser Maximilian bei seinem Einzuge in Nürnberg (den 7. Juni 1470) begrüßte und von dem Uebertriebenes erzählt wird. Hoch in die Lüfte sich erhebend soll er dem Kaiser entgegengeflogen und sodann auf das Stadtthor zurückgekehrt sein, von da aber den nahenden Kaiser durch Ausspreizung der Flügel und Neigung des Körpers begrüßt haben. Derselbe Johannes Müller soll auch eine eiserne Fliege gefertigt haben, die er von seiner Hand hin und her fliegen ließ. Eben so übertrieben sind die Nachrichten von den Automaten, mit denen Janellus Turrianus von Cremona den Kaiser Karl V., nachdem er sich vom Thron in die Zelle zurückgezogen, ergötzt haben soll. Es wird erzählt von Kriegern und Pferden, die der Kaiser auf seinem Tisch sich bewegen und kämpfen ließ, von Trommelschlägern und Flötenbläsern, von fliegenden hölzernen Sperlingen, von Kornmühlen, die in einem Handschuh Platz hatten und doch in einem Tage so viel Korn mahlten, daß acht Menschen davon leben konnten.

Hans Bullmann, ein Kunstschlosser in Nürnberg, verfertigte Figuren, die hin und hergingen, und nach dem Takte auf Pauken und Lauten schlugen. Ein sehr niedliches Spielwerk soll Camus zur Unterhaltung Ludwigs XIV. verfertigt haben. Dieß bestand aus einer kleinen Kutsche, die von 2 Pferden gezogen wurde; in derselben saß eine Dame, ein Bedienter und Page standen hinten auf. Wurde diese Maschine an das eine Ende eines Tisches von bestimmter Größe gesetzt, so knallte der Fuhrmann mit der Peitsche und die Pferde fingen sogleich zu laufen an, indem sie ihre Füße auf natürliche Art bewegten und die Kutsche nach sich zogen. So wie die Kutsche das entgegengesetzte Ende des Tisches erreichte, wandte sie scharf unter einem rechten Winkel um, und fuhr längs dem anliegenden Rande hin. So wie die Kutsche der Stelle, wo der König saß, gegenüberkam, hielt sie an, der Page stieg herunter und öffnete den Kutscherschlag. Die Dame stieg aus und überreichte mit einer Verbeugung dem Könige eine Bittschrift, welche sie demselben hinhielt. Nachdem sie einige Zeit gewar-

*) Derselbe hat auch die Bewegung der Planeten durch Räderwerk dargestellt.

Digitized by Google

tet hatte, verbeugte sie sich wieder und kehrte in den Wagen zurück. Der Page schloß die Thür, stieg wieder hinten auf, der Kutscher peitschte die Pferde und fuhr weiter. Der Bediente, welcher vorher abgestiegen war, lief hinter dem Wagen her, und sprang auf seinen vorigen Platz.

Sehr berühmt sind im vorigen Jahrhundert die Automaten von Vaucanson geworden, besonders seine das Leben aufs Täuschendste nachahmende Ente. Vor ihm soll schon der General Degennes einen Pfau verfertigt haben, welcher umherging, fraß, und das Verzehrte dann in veränderter Form wieder ausleerte. Die Vaucansonsche Ente glich äußerlich ganz einem lebenden Thiere, indem sie alle Bewegungen und Geberden einer Ente nachahmte, mit Begierde fraß und trank, und dabei das Wasser, welches sie trank, vorher mit dem Schnabel trübte, aufs Natürlichste schnatterte, und das Verzehrte scheinbar verdaut auf gewöhnlichen Wege wieder von sich gab. An ihr waren alle Knochen auf das Genaueste einer lebenden Ente nachgebildet. Dieses Kunstwerk, so wie Vaucanson's akustische Automate, von welchen später die Rede sein wird, wurden von Beireis in Helmstädt gekauft, nach dessen Tode sie in Besitz des Geheimenrathes Hr. v. Harlem gekommen sind. Die Vaucansonschen Automaten wurden später von einem Goldschmidt Du Moulin nachgebildet, der mit ihnen herumreiste. Fast noch künstlicher waren die Automaten von den beiden Jacquet Droz, Vater und Sohn aus Chaux de Fonds in Neufchatel, besonders eine Schreibmaschine. Diese stellte ein Kind von zwei Jahren vor, welches auf einem Tambouret sitzend, auf einem Pulte zusammenhängende Worte in französischer Sprache schrieb, dabei die Feder eintauchte, das Ueberflüssige ausschüttete, die Linien gehörig absetzte und nach jedem Worte die Augen auf eine nebenliegende Vorschrift richtete. Collinson hat einen Automaten von Droz beschrieben, welcher zeichnete. Dieser war eine Figur in Lebensgröße, welche in der Hand einen metallenen Griffel hielt, und bei Berührung einer Feder sogleich auf ein untergelegtes Pergamentblatt zu zeichnen anfing. Nach vollendeter Zeichnung hielt die Figur ein, bis ein neues Blatt untergelegt war. So fertigte sie nach und nach fünf Zeichnungen. Das erste Blatt enthielt die sehr sauber und ähnlich gezeichneten, einander gegenüberstehenden Bildnisse des Königs und der Königin. Maillardet verfertigte einen Automaten, welcher sowohl zeichnete, als schrieb. Die Figur eines Knaben kniet auf einem Knie und hält die Feder in der Hand. Fängt sie an zu schreiben, so taucht ein Begleiter die Feder in Tinte und legt das Schreibpapier auf eine messingene Tafel. Bei Berührung einer Feder beginnt das Schreiben und nach Beendigung einer Zeile kehrt die Hand noch einmal zurück und macht die erforderliche Interpunction. Außerdem zeichnet sie drei Landschaften. Ein anderer Automat von Maillardet ist ein Wahrsager, welcher auf vorgelegte Fragen Antworten ertheilt. Eine wie ein Zauberer gekleidete Figur sitzt an dem unteren Theile einer Wand und hält in der einen Hand ein Stab, in der andern ein Buch. Eine Anzahl vorbereiteter Fragen sind auf länglich runde Medaillons geschrieben. Unter diesen trifft der Zuschauer eine Auswahl und legt sie,

um die Antwort zu erhalten, in einen dazu bestimmten Schubkasten. Dieser wird durch eine Feder verschlossen, bis die Antwort ertheilt wird. Jetzt erhebt sich der Magus von seinem Sitze, beugt sein Haupt, beschreibt Kreise mit seinem Stabe, fragt das Buch um Rath, wie in tiefe Gedanken versenkt, und nähert es seinem Gesichte. Endlich erhebt er seinen Stab und schlägt damit an die über seinem Haupte befindliche Wand, worauf zwei Flügelthüren aufspringen und eine geeignete Antwort auf die vorgelegte Frage sehen lassen. Die Thüren schließen sich nachmals, der Magus nimmt seine ursprüngliche Stellung an und der Kasten öffnet sich, damit man das Medaillon herausnehmen kann. Derselbe Künstler hat noch mehrere andere Automaten verfertigt, z. B. eine Spinne, einen Seiltänzer, besonders aber eine weibliche Figur, welche athmete, Kopf und Körper natürlich bewegte und einige Stücke auf einem Fortepiano spielte. Von allen Automaten hat das meiste Aufsehen der Schachspieler des Freih. von Kempele gemacht, obgleich derselbe wahrscheinlich nur scheinbar durch Maschinerie, in der That aber durch einen sehr künstlich verborgenen Menschen in Bewegung gesetzt wurde. Kempele aus Preßburg in Ungarn verfertigte denselben im J. 1769.

Der Schachspieler ist eine Figur von Lebensgröße, in türkischer Kleidung, vor einem Spinde (einer Kommode ähnlich), von drei und einem halben Fuß Länge, zwei Fuß Tiefe und zwei und einen halben Fuß Höhe sitzend. Die Figur sitzt auf einem an das Behältniß befestigten Stuhle; ihr rechter Arm ruht auf der oberen Platte des Behältnisses und in der linken hält sie eine Tabakspfeife, die während des Spieles hinweggenommen wird, da der Automat mit dieser die Züge macht. Vor der Figur befindet sich ein Schachbret, achtzehn Zoll im Quadrat. Einer der Zuschauer spielt gegen den Automaten; dieser beginnt das Spiel; vor jedem Zuge desselben hört man die Thätigkeit des in der Maschine befindlichen Räderwerkes. Die Figur bewegt den Kopf, als ob sie jeden Theil des Schachbretes überblicke. Schach dem Könige deutet sie durch dreimaliges Kopfnicken, Schach der Königin durch zweimaliges an. Macht ihr Gegner einen falschen Zug, so schüttelt sie den Kopf und setzt den Stein des Spielers auf das Feld zurück, auf dem er gestanden, und zieht nun ihrerseits. Beim Spiele ruht der linke Arm der Figur auf einem Polster, hebt sich nach dem Zuge des Gegners, thut den erforderlichen Zug oder nimmt einen Stein weg, indem der Daumen der Hand sich öffnet und schließt, und legt sich dann wieder auf das Polster. Wartet der Gegner sehr lange, so klopft die Maschine mit dem Finger auf das Bret. In der Regel, aber nicht immer, gewinnt die Maschine das Spiel. Während des Spieles steht der Künstler häufig nahe an der Maschine und zieht sie wie ein Uhrwerk nach 12 — 12 gemachten Zügen auf. Ein anderes Mal ging er in eine Ecke des Zimmers um sich bei einem kleinen viereckigen Spindchen, welches daselbst geöffnet stand, gleichsam Rath zu holen. Das Kunstwerk wurde in allen Hauptstädten Europas gezeigt, ohne daß das Geheimniß seiner Bewegung entdeckt wurde. Kempele selbst behauptete nie, daß die Maschine selbst der eigentliche Spieler sei,

Digitized by Google

vielmehr erklärte er bestimmt: „die Maschine sei eine Kleinigkeit, die in Hinsicht des Mechanismus nicht ohne alles Verdienst wäre, daß jedoch die Wirkungen derselben darum so merkwürdig erschienen, weil das Ganze mit Kühnheit aufgefaßt, und eine glückliche Wahl die Täuschung zu befördern, getroffen worden." Man glaubte anfangs, die Maschine werde mit Hülfe magnetischer Kräfte regiert, allein da auch die stärksten Magnete, welche man in die Nähe der Figur brachte, keine Störung verursachten, so mußte man diese Ansicht aufgeben; ein Ungenannter hat in einer eignen Schrift jedoch gezeigt, daß in der Maschine ein Mensch von gewöhnlicher Größe verborgen werden könne, der das Spiel leite, obwohl Kempele den Zuschauern vor jeder Vorstellung scheinbar den ganzen innern Raum der Maschine, welcher Räderwerk enthielt, zeigte.

Berühmt sind noch Automaten, ein Regiment exercirender Soldaten vorstellend, welche Beckmann in Zarskojo-Selo sah; ein gehender Löwe und Tiger, welche der Missionär Thibaut für den Kaiser von China verfertigte u. a. Unter den Schätzen des Tippo Saib fand man einen Tiger, welcher einen europäischen Offizier zerfleischte, während ein Mechanismus in jenem das Brüllen des Thieres, und in diesem das Winseln eines Menschen nachahmte.

Besonders erwähnt müssen noch diejenigen Automaten werden, welche akustische Kunstwerke sind. Die schon erwähnten Mechaniker Droz verfertigten für den König von Spanien eine Uhr, auf welcher sich ein Schaf befand, das sehr natürlich blökte und ein Hund, der einen Korb mit Früchten bewachte und sich gegen jeden, der den Korb wegzunehmen versuchte, mit Knurren und Bellen erhob. Sehr niedlich war eine zusammengesetztere Maschine des älteren Droz. In einer ländlichen Scene an einem Bache, über welchen eine Brücke nach einer Mühle führt, öffnet sich die Thüre einer Hütte, und es reitet ein Bauer auf einem Esel über die Brücke zur Mühle, während ein Hund hinter dem Esel herläuft und diesen anbellt. Im Mittelpunkte der Scene weidet eine Heerde, deren Hirt aus einer Grotte kommt, sich umsieht, eine Flöte hervorzieht und einige Stücke bläst, deren letzte Töne ein Echo wiederhallt. Dann nähert er sich seiner in der Entfernung schlafenden Schäferin, und bläst wieder ein Stück, wodurch sie erwacht, sich aufrichtet und den Spieler mit der Zitter begleitet. Inzwischen treibt der Bauer seinen mit Mehl beladenen Esel aus der Mühle zurück vor sich her, weswegen die Liebenden im Stücke plötzlich abbrechen und der Schäfer in seine Grotte zurückkehrt. Einander sehr ähnlich sind zwei Kunstwerke, das eine von Droz dem Jüngern, das andere von Maillardet*). Das des Letztern war eine ovale Büchse, ungefähr 3 Zoll lang. Diese wurde auf den Tisch gestellt; sogleich öffnete sich der Deckel und ein Vogel von der Größe eines Kolibri vom schönsten Gefieder sprang vom Neste auf. Nachdem er mit den Flü-

*) Es scheint der Beschreibung nach, als sei das von Maillardet vorgezeigte das von Droz verfertigte gewesen.

Digitized by Google

geln geschlagen, öffnete er den Schnabel und sang vier Stücke mit reizendem Tone. Er hüpfte hierauf auf das Nest zurück und der Deckel schloß sich. Die bewegende Kraft in diesem mechanischen Kunststücke soll in Federn bestanden haben, deren Wirkung nur vier Minuten dauerte. Da bei einer so kleinen Figur es an Raum fehlte, um Pfeifen für die Mannigfaltigkeit von Tönen anzubringen, so bediente sich der Künstler nur einer Röhre und erzeugte die Mannigfaltigkeit der Töne dadurch, daß vermittelst eines beweglichen Stempels sie sich verlängerte und verkürzte. — Sehr berühmt sind die Vaucansonschen akustischen Automaten. Der eine ein Flötenspieler wurde im J. 1736 beendet. Den innern Mechanismus dieses Werkes machte Vaucanson 1738 in einer Abhandlung bekannt. Nach dieser beschreibt sie Brewster*) wie folgt: „Der Körper des Flötenspielers war ungefähr $5\frac{1}{2}$ Fuß hoch und stand auf einem Felsstück, das ein viereckiges Fußgestell von $4\frac{1}{2}$ Fuß Höhe und $3\frac{1}{2}$ Fuß Breite umgab. Wurde die vordere Seite des Fußgestelles geöffnet, so erblickte man rechter Hand ein Uhrwerk, das vermittelst mehrerer Räder eine stählerne Axe von etwa $2\frac{1}{2}$ Fuß Länge in Bewegung setzte. Diese hatte in sechs gleich entfernten Punkten ihrer Länge Kurbeln, welche nach verschiedenen Richtungen lagen. An jeder Kurbel war eine Schnur befestigt, die herablief und mit dem anderen Ende an dem oberen Theil eines Blasebalges von $2\frac{1}{2}$ Fuß Länge und 6 Zoll Weite befestigt war. Sechs auf dem Boden des Fußgestelles befindliche Blasebälge wurden auf die Art in Thätigkeit gesetzt, wenn die Stahlaxe umgedreht wurde. An der oberen Fläche des Fußgestelles und über jedem Blasebalge befand sich eine doppelte Rolle, von welcher der eine Rand 3 Zoll, der andere $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser hat. Die Schnur, welche von der Kurbel kommt, windet sich um die kleinste dieser Rollen und der an der Decke des Blasebalges angebrachte Theil derselben wird um die größere Rolle geführt. Durch diese Vorrichtung wurden die Flächen der Blasebälge weiter von einander entfernt, als wenn die Schnur unmittelbar von den Kurbeln zu ihnen gelangte. Rund um den breiteren Rand von drei dieser Rollen, nämlich von denen, welche sich rechter Hand befanden, liefen drei Schnüre, die vermittelst mehrerer kleinen Rollen zu der oberen Fläche von drei anderen Blasebälgen, die in dem oberen Theile des Kastens befindlich sind, führten. Die Spannung jeder Schnur, wenn sie beginnt, die obere Fläche des Blasebalges, an der sie befestigt ist, zu heben, setzt einen Hebel in Bewegung, der sich über demselben zwischen der Axe und der doppelten Rolle, die zwischen der Mitte und dem unteren Theile des Kastens liegt, befindet. Das andere Ende des Hebels hält die Klappe in der unteren Fläche des Blasebalges geöffnet und gestattet der Luft freien Zutritt, während die obere Fläche steigt, um die Kapacität des Blasebalges zu vermehren. Durch diese Vorrichtung wird nicht allein an Kraft gewonnen, insofern der Luft ein

*) In dem sehr empfehlungswerthen populären Werke: Briefe über die natürliche Magie, übersetzt von Wolf, Berlin, 1833.

Digitized by Google

freierer Eintritt durch die Klappe vergönnt wird, sondern es wird auch das verwirrende Geräusch, welches durch die Wirkung der Luft auf die Klappen hervorgebracht wird, gänzlich vermieden und die neun Blasebälge arbeiten mit der größten Leichtigkeit, ohne Erschütterung und Geräusch. Aus den neun Blasebälgen strömt die Luft in drei verschiedene und gesonderte Röhren. Jede Röhre nimmt die Luft dreier Blasebälge auf. Die obere Fläche eines der drei Blasebälge (in jeder Abtheilung) ist mit vier Pfunden, die des zweiten mit zwei Pfunden und die des dritten mit gar keinem Gewichte belastet. Diese drei Röhren steigen in den Körper der Figur und endigen sich in drei kleine Behältnisse, welche in dem Rumpfe der Figur befindlich sind. Diese in eins vereinigten Behältnisse, in die Kehle aufsteigend, bilden durch ihre Erweiterung die Mundhöhle, die sich in zwei kleine Lippen endigt, welche auf dem Mundloche der Flöte ruhen. Die Lippen besitzen das Vermögen sich mehr oder weniger zu öffnen und ein eigenthümlicher Mechanismus bewirkt ihre Annäherung zu, ihre Entfernung von dem Mundloche der Flöte. In der Mundhöhle ist eine kleine bewegliche Zunge befindlich, um den Durchgang der Luft durch die Lippen der Figur zu öffnen oder zu schließen. Die Bewegungen der Finger, Lippen und Zunge der Figur werden durch einen sich um seine Axe bewegenden Cylinder von dreißig Zoll Länge und ein und zwanzig Zoll Durchmesser bewirkt. Vermittelst Wirbel und messingener Haken, die an funfzehn verschiedenen Abtheilungen seines Umfanges befestigt sind, werden funfzehn verschiedene Hebel, ähnlich denen in einer Handorgel gehoben und heruntergedrückt. Sieben derselben reguliren die Bewegung der sieben Finger, um die Löcher zu schließen. Dieß erfolgt mit Hülfe stählerner Ketten, welche durch den Körper hindurchgehen, und durch Rollen nach den Schultern, Ellenbogen und Fingern hingeleitet werden. Drei andere Hebel, mit den Klappen der drei Behälter in Verbindung stehend, reguliren den Eintritt der Luft, so daß ein stärkerer oder schwächerer Ton erzeugt wird. Ein Hebel öffnet die Lippen, um der Luft einen freien Durchgang zu gestatten und ein anderer zieht sie zusammen, um die entgegengesetzte Wirkung hervorzubringen. Ein dritter Hebel zieht sie vom Mundloche der Flöte zurück und ein vierter bringt sie vorwärts. Der noch übrige Hebel bewirkt das Verstopfen des Mundloches durch die Zunge.

Vaucanson's zweiter akustischer Automat war ein Pfeifer und Tambourinspieler, ein Kunstwerk, welches das vorhin erwähnte noch beinahe übertraf. Dieser Automat führte vollständige Arien aus, und übertraf die vorzüglichsten Pfeifer und Tambourinspieler. Die Figur steht auf einem Fußgestell und ist wie ein tanzender Schäfer gekleidet. In der einen Hand hält sie ein Flageolet, in der andern den Schlägel, mit dem sie das Tambourin schlägt. Mit letzterem begleitet sie die Arien des Flageolets, von denen sie ungefähr zwanzig vortragen kann. Das Flageolet hat nur drei Löcher und die Verschiedenheit der Töne hängt vorzüglich von einer geschickten Abänderung, der Gewalt des Windes ab, und von den verschiedenen Graden der Schließung der Löcher. Diese Abänderungen in der Gewalt des erforderlichen Windes

Digitized by Google

mußten mit einer Geschwindigkeit sich folgen, die das Ohr kaum zu fassen vermochte, so wie die Articulation der Zunge für die schnellsten Noten, ohne welche die Leistungen ganz der Anmuth entbehrt hätten. Da die menschliche Zunge einer schnellen Folge von Noten die erforderlichen Articulationen nicht zu geben vermag, und gewöhnlich über die Hälfte derselben hinwegzueilen pflegt, so vermochte der Automat in dieser Hinsicht die besten Spieler zu übertreffen, indem er vollständige Arien mit den für jede Note erforderlichen Articulationen der Zunge spielte. In neuerer Zeit hat Kaufmann aus Dresden Automaten verfertigt, z. B. einen Trompeter. Dieser ist eine menschliche Figur in Lebensgröße, welche in der rechten Hand eine Trompete hält. Vermittelst des beweglichen Armes wird die Trompete auf das im Munde festzusteckende Mundstück geschoben. Im Kopfe sind verschiedene längere und kürzere Röhren von Messing für die tieferen und höheren Töne durch sehr fest schließende Klappen verschlossen und sämmtlich in diejenige endend, welche im Munde befindlich den Anfang der Trompete bildet. In der Brust befindet sich ein Blasebalg, welcher durch eine ausnehmend starke Feder die Luft ungewöhnlich comprimirt, so daß diese, wenn sie beim Oeffnen der Klappen in die Röhren dringt, einen vollständigen Trompetenton erzeugt, indem der Wechsel der ungleichen Röhren ein vollständiges Stück zu spielen verstattet.

Um das Ende des vorigen Jahrhunderts versuchte man auch einen sprechenden Automaten zu verfertigen. Die Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg stellte nämlich die Preisaufgabe: die Natur der Vocallaute A E I O U zu erforschen und eine Maschine, welche die Vocale künstlich nachahme, anzufertigen. Der Preis wurde von Kratzenstein gewonnen, welcher zeigte, daß sämmtliche Vocale deutlich hervorgebracht werden könnten, wenn man durch ein Mundstück am unteren Ende der Pfeifen von in Fig. 34. angegebener Gestaltung bläst (die entsprechenden Vocale sind an den verschiedenen Pfeifen angemerkt). Der Vocal J ertönt durch bloßes Blasen in die Pfeife AB ohne Hülfe eines Mundstückes.

Auch Kempele versuchte eine Sprachmaschine zu verfertigen. Sein Apparat war ein Kasten in Form eines Rechteckes, ungefähr 3 Fuß lang. Dieser stand auf einem Tische und war mit einem Tuche bedeckt. Wurde ein besonderes Wort zum Aussprechen durch die Maschine angegeben, so brachte Kempele die Hände unter das Tuch, offenbar, um einige Theile des Apparats in Bewegung zu setzen. Wolf erzählt (in dem S. 138 angeführten Werke): „Hr. von Kempele hatte die Gefälligkeit mir seine Sprachmaschine in Leipzig im J. 1785 zu zeigen. Sie bestand aus einem Kasten, mit einem Flötenwerke, Claviatur und Blasebalge. Die einzelnen Pfeifen gaben die verschiedenen Buchstaben mit großer Bestimmtheit und Reinheit an, sobald durch den Ellenbogen der Blasebalg gedrückt und durch Berührung der erforderlichen Tasten der Luft in die entsprechenden Pfeifen der Eintritt gestattet wurde. Willkührliche Redesätze in deutscher und französischer Sprache, die ich der Maschine vorsagte, wurden mit der Stimme eines etwa dreizehnjährigen Mädchens wiederholt. Das Sprechen war

Digitized by Google

so täuschend, daß, wenn man das Gesicht abwandte, unwillkührlich das Auge dem Ohre folgte und man das Gesicht der Maschine zukehrte. Auf meine Frage: wie es ihm geglückt wäre alle bei der Construction einer solchen Maschine sich darbietenden Schwierigkeiten zu überwinden, erwiederte Hr. von Kempele: In den Tönen, welche mehrere Thiere von sich geben, kämen die Laute gewisser Buchstaben besonders deutlich vor, z. B. das M im Brüllen der Kuh, das B im Blöken des Schafes, das R im Gekrächze des Raben u. s. w. Durch genaue Untersuchungen der Stimmritzen der verschiedenen Thiere und durch ähnliche Einrichtung der Lippen in den Pfeifen wäre er nach unzähligen Versuchen mit seinem Kunstwerke zu Stande gekommen.

In neuerer Zeit hat Willis aus Cambridge neue Versuche gemacht. S. d. Art. Sprache.

In unserm jetzigen Jahrhundert interessirt man sich im Allgemeinen weniger für Automaten, indem man die Kunst in Verbindung mit den Naturwissenschaften jetzt mehr auf das Nützliche verwendet. Die Maschinen, welche in neuerer Zeit erfunden worden sind, übertreffen übrigens die künstlichsten Automaten, und haben den großen Vorzug des Nutzens, vergl. z. B. Rechnenmaschine, Stickmaschine u. a.

Automatische Bewegungen nennt man die scheinbar selbstständigen Bewegungen, die sowohl in der Thierwelt, als in der Pflanzenwelt vorkommen. So z. B. wenn sich einige Pflanzen nach dem Sonnenlichte wenden, andere bei der Berührung oder zu bestimmten Zeiten sich schließen oder öffnen. Die Bewegungen des Herzens und der Lunge, die Ausdehnung und Zusammenziehung der Pupille, die eigenthümliche Bewegung der Eingeweide, Bewegungen, welche von sich selbst, also gleichsam durch eigenen Willen bestimmt geschehen, sind automatische Bewegungen.

Axe, Arendrehung. Was im mathematischen Sinne die Axe einer Linie oder eines Körpers sei, muß als bekannt vorausgesetzt werden. In der Mechanik nennt man diejenige Linie eines Körpers, um welche sich der Körper selbst herumbewegt und zwar so, daß bei dieser Bewegung — Axendrehung —, jeder Punkt des Körpers um einen Punkt in der Axe einen Kreis beschreibt. Bei dieser Bewegung kann die Axe des Körpers selbst entweder ruhen oder ebenfalls in Bewegung sein. Im Verhältniß zu dem um sie bewegten Körper ist die Axe stets in Ruhe, denn eine Bewegung der Axe im Körper heißt nichts anderes, als der Körper bewegt sich um eine andere Axe als vorher. Wenn sich ein Körper um eine Axe bewegt, so bekommen alle Theile des Körpers, welche außerhalb der Axe liegen, ein Bestreben, sich in einer auf ihr senkrechten Richtung von ihr zu entfernen. Wenn die Theile eines drehenden Körpers verschiebbar sind, so wird jenes durch die Drehung entstandene Bestreben eine Veränderung der Gestalt des Körpers bewirken, sind sie hingegen unverschiebbar, so wird die Wirkung jenes Bestrebens gegen die Axe sich äußern. Ist die Masse des Körpers aber um die Axe nach allen Seiten zu gleichförmig vertheilt, so heben die Schwungkräfte der Theile des Körpers, von denen ein jeder einem ihm gegenüberstehenden ent-

Digitized by Google

spricht, einander auf, also auch die Wirkungen auf die Axe. Eine solche Axe heißt eine freie Axe, und eine solche ist auch die Axe der Erde. So lange die Axendrehung eines Körpers fortdauert, kann die freie Axe desselben nur durch eine bedeutende Kraft verrückt werden, wenn auch im Zustande der Ruhe dieselbe durch die kleinste Kraft aus ihrer Lage gebracht werden kann, indem die Schwungkraft jedes Theilchen in der Ebene zu erhalten sucht, in der es sich zu bewegen begann. Bohnenberger hat ein Instrument angegeben, durch welches dieses dargethan wird Fig. 35. Der Ring AB ist in A auf ein Postament B befestigt. In ihm ist ein um die Axe AB beweglicher Ring AEB und in diesem Ringe ein dritter um die auf AB senkrechte Axe EF bewegliche Ring ECFD; in diesem Ringe befindet sich eine Kugel, welche um die auf der Axe EF senkrecht stehende Axe CD beweglich ist. Die massive Kugel K kann nun mittelst einer um eine in ihrer Axe CD befindliche Rolle gewickelte Schnur durch schnelles Abziehen der Schnur in eine schnelle drehende Bewegung gesetzt werden. Während so lange die Kugel K in Ruhe war, ihre Axe durch die geringste Kraft bewegt wurde, kann man nun, wenn die Kugel sich bewegt, das ganze Instrument herumtragen, ja sogar kleine Gewichte auf den Kreis CDEF fallen lassen, ohne daß dadurch die Richtung der Axe der Kugel verändert würde. Wenn man an dem unteren Theile des inneren Ringes ein kleines Gewicht anbringt, so zieht dieses, so lange keine Drehung stattfindet, die Axe der Kugel in die verticale Richtung, neigt man aber den innern Kreis gegen den Horizont und bringt mittelst der Schnur die Kugel in drehende Bewegung um ihre Axe, so nimmt die Axe nicht, wie man dem Einfluß des Gewichtes gemäß vermuthen sollte, die verticale Richtung an, sondern bewegt sich nach einer Richtung, welche der Richtung der Axendrehung der Kugel entgegengesetzt ist, und zwar mit desto größerer Geschwindigkeit, je langsamer die Axendrehung der Kugel wird.

Azimuth (a. d. Arabischen, vermuthlich so viel als Himmelsgegend) eines Sternes, ist der Bogen des Horizonts, welcher vom Nordpunkte an bis zum Durchschnittspunkte des Horizonts mit dem Scheitelkreise eines Sternes liegt. Durch diesen Bogen wird der Winkel gemessen, welchen die Ebene des Meridians mit der Ebene des Scheitelkreises des Sternes macht. Je nachdem ein Stern östlich oder westlich vom Meridian steht, ist auch sein Azimuth östlich oder westlich. In Figur 9. sei ADQ der Horizont, APQp der Meridian, PSDp der Scheitelkreis des Sternes S, so ist QD das Azimuth des Sternes S. Da seine Höhe DS ist, und durch QD und DS die Lage des Punktes S auf der Himmelskugel bestimmt ist, so ist folglich die Lage eines Sternes durch seinen Azimuth und seine Höhe vollkommen bestimmt.

B.

Bad nennt man in der Chemie eine Vorrichtung, welche dient, die Gefäße aufzunehmen, in denen Substanzen erwärmt werden sollen. Diese werden nämlich nicht unmittelbar dem Feuer ausgesetzt, sondern in ein anderes Gefäß mit Sand oder Wasser gestellt, damit die Hitze langsam und gleichförmig zutrete, und länger anhalte. Je nachdem zu dem umgebenden Mittel Wasser oder Sand genommen wird, unterscheidet man Wasserbäder und Sandbäder.

Barometer, (von dem griechischen *βάρος*, Schwere und *μέτρον* Maß, also) Schweremesser, Luftschweremesser, Luftwage, Wetterglas, Torricellische Röhre, Baroskop (von dem griechischen *βάρος* und *σκέπτεσθαι*, besichtigen) ist ein Instrument, um die Schwere der Atmosphäre zu messen, welches von Evangelista Torricelli im J. 1643 erfunden worden. Die Geschichte der Erfindung, so wie die Darlegung der Eigenschaft der Atmosphäre, auf welcher dasselbe beruht, s. d. Art. Atmosphäre S. 55 f. Daraus geht zugleich hervor, daß man sich zu Verfertigung von Barometern nicht allein des Queckſilbers, sondern auch jeder andern Flüſſigkeit bedienen kann. Man hat auch in der That Wasserbarometer aus metallenen, vermittelst Leder zusammengeschrobenen, oben in eine Glasröhre endigenden blechernen Röhren bestehend verfertigt. Ein solches Wasserbarometer zeigte im J. 1654 Otto von Guericke auf dem Reichstage in Regensburg vor. Caspar Bertus hatte ein ähnliches und brachte, um zu beweisen, daß die Torricellische Röhre kein luftleerer Raum sei, ein Glöckchen mit einem durch einen Magnet beweglichen Hammer an. Das Tönen dieses Glöckchens sollte das Nichtvorhandensein eines leeren Raumes darthun. — Weil jedoch das Queckſilber die schwerste unter allen bekannten Flüſſigkeiten ist, und also von ihr eine geringere Menge, als von andern Flüſſigkeiten, hinreicht, der Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten, bedient man sich desselben allgemein zur Verfertigung der Barometer. Während z. B. ein Queckſilberbarometer nur eine Röhre von etwas über 28 Zoll Länge zu haben braucht, muß die Röhre eines Wasserbarometers eine Länge von mehr als 32 Par. Fuß haben.

Das erste Barometer bestand aus einer oben zugeschmolzenen, unten offenen Glasröhre, welche mit dem offenen Ende unter die Oberfläche einer unbestimmten, in einem offenen Gefäße enthaltenen Menge Queckſilber gesenkt ist, und in welcher bei gewöhnlichem Luftdrucke eine Queckſilbersäule von etwa 28 Zoll steht. Ueber der Queckſilbersäule befindet sich in der etwa 32 Zoll langen Röhre ein leerer Raum, die Torricellische Leere genannt. Ein Barometer, welches wesentlich in dieser Art zusammengesetzt ist, es mag übrigens entweder zu einer besondern Anwendung, die man von dem Barometer machen will, oder

Digitized by Google

zu irgend welchen sonstigen Zwecken gemachte Vorrichtungen verschiedener Art haben, heißt ein Gefäßbarometer. Ist das Gefäß an die Röhre selbst angeschmolzen in Gestalt einer Flasche oder Kugel, so heißt man das Instrument ein Flaschenbarometer, Birnbarometer, Kapselbarometer. Ist endlich die Röhre heberförmig umgebogen, so daß sie aus einem längern und einem kürzern Schenkel besteht, so hat man ein Heberbarometer. Dieß sind die wesentlichen Abänderungen, welche bei den verschiedenen Barometern vorkommen; wie zu besonderen Zwecken und um das Barometer so vollständig als möglich zu machen, verschiedene Vorkehrungen getroffen worden, wird später unter Beschreibung der gebräuchlichsten und brauchbarsten Barometer erwähnt werden.

Nicht sogleich nach Erfindung des Barometers nahm man allgemein an, daß die an ihm beobachtete Erscheinung von dem Gewichte der atmosphärischen Luft herrühre, noch weniger, daß der über der Queckſilberſäule befindliche Raum in der Röhre ein leerer sei. Um sich zu überzeugen, ob Schwere der Atmosphäre der Grund zu jener Erscheinung sei oder nicht, bewog im J. 1648 Pascal seinen Schwager Perrier zu Clermont in Auvergne, ein Barometer auf den etwa 500 F. hohen Puy de Dome zu tragen, indem er sehr richtig überlegte, daß, wenn die Atmosphäre ein gewisses Gewicht besitze und mit diesem Gewichte die Queckſilberſäule 28 Zoll hoch halte, so müsse das Queckſilber desto weiter in der Röhre sinken, je näher man den ganzen Apparat der Grenze der Atmosphäre brächte. Und wirklich fand sich, daß in jenem Barometer auf dem Puy de Dome die Queckſilberſäule 3 Zoll kürzer war, als auf dem platten Lande, auch durch eigene Untersuchungen überzeugte sich Pascal, daß wirklich Druck der Atmosphäre Grund zu den Barometererscheinungen sei.

Auzout hat einen Apparat angegeben, welcher beweist, daß die Barometererscheinungen durch den Druck der Luft bewirkt werden. (Fig. 36.) Das luftdichte Gefäß eghc ist mit den beiden Glasröhren ab, cd versehen und ganz mit Queckſilber gefüllt. Beide Röhren sind über 29 Zoll lang und die eine ist bei d verschlossen. Kehrt man den Apparat um, so daß er in die Länge kommt, wie die Zeichnung sie darstellt, und das offene Ende im Queckſilbergefäße op steht, so wird das Queckſilber bis zur Höhe von 28 Zoll, also bis mn im Gefäße, in der oberen Röhre aber ganz herabsinken. Wird dann in das Gefäß bei g ein kleines Loch gemacht, so daß Luft eindringt, so steigt sogleich das Queckſilber in der oberen Röhre, bis i und fällt aus der unteren ganz herab, so daß man also den Luftdruck als eigentliche Ursache des Barometers sichtbar wahrnimmt.

Die vielfache Anwendung des Barometers bei Versuchen und Beobachtungen, wo es auf Schärfe und Genauigkeit ankommt, machen es nöthig, daß zuerst mit mehrerem gesprochen werde über

die Verfertigung des Barometers. Die zu Herstellung nöthige Beschaffenheit der einzelnen Theile, aus welchen derselbe zusammengesetzt werden soll, also des Queckſilbers, der Röhre, des Gefäßes und endlich der Scale, welche irgend ein für geeignet gefundenes Län-

Digitized by Google

genmaß enthält, ist näher anzugeben. Wollte man wie Torricelli, ohne weiteres eine auf einer Seite zugeschmolzene Glasröhre mit Quecksilber füllen und dann dieselbe mit dem offenen Ende unter die Oberfläche des Quecksilbers in einem beliebigen Gefäße bringen; so hätte man dadurch freilich schon einen Barometer hergestellt, was jedoch wegen seiner Unvollkommenheit nicht zu Beobachtungen zu brauchen wäre. Bei einem vollkommenen Barometer muß das Quecksilber völlig rein von andern Metallen, von Schmutz und von Luft sein; die Röhre muß von gleichmäßiger Weite und gehöriger Länge, auch weder in dem Raume über der Quecksilbersäule, noch zwischen der Quecksilbersäule und ihrer inneren Fläche Luft halten, denn sonst würde die Länge der Quecksilbersäule nicht die Größe des Luftdruckes von außen, sondern den Unterschied des äußeren und inneren Luftdruckes angeben; das Gefäß muß so beschaffen sein, daß es dem Quecksilber bei Veränderung des Luftdruckes Steigen und Sinken gestattet, die äußere Luft, damit ihr Druck erkannt werden kann, nicht abschließt und dabei dennoch das Quecksilber vor Verunreinigung durch Staub und Schmutz sichert; die Scale endlich muß so angebracht sein, daß man an ihr die Veränderung des Barometerstandes wohl ermessen kann, auch muß die Ausdehnung, welche das Mittel, auf welches dieselbe verzeichnet ist, bei Temperaturveränderungen erleidet, in Rechnung gebracht, oder unschädlich gemacht werden können.

Was zunächst das Quecksilber betrifft, so ist dessen Reinheit am deutlichsten und sichersten aus einer rein spiegelnden Oberfläche zu erkennen und daran, daß es sich weder an Glas noch an Papier anhängt, und auf dem letzteren keine metallischen Streifen hinterläßt. Baumgartner zieht dieses Kennzeichen der Reinheit des Quecksilbers dem vor, welches das specifische Gewicht gibt. Er sagt: „Ich habe öfters Quecksilber mit aller Sorgfalt aus rothem Quecksilberoxyd reducirt, und ein reines Metall erhalten. Wenn ich aber zu einem Pfund desselben nur einen Gran Zinn gab, bekam die Mischung plötzlich eine beinahe aschgraue faltige Haut an der Oberfläche, und hing sich an das Glas, ja sogar an die Finger an, trug also alle Spuren der chemischen Verunreinigung deutlich an sich, und doch würde wohl der beste Experimentator mit der vorzüglichsten Wage nicht im Stande sein, diese Beimischung aus einer Aenderung des specifischen Gewichts zu erkennen.“ — Hat man indessen chemisch verunreinigtes Quecksilber, so ist das beste Mittel es zu reinigen (nach Muncke), daß man es erst in Zinnober verwandelt und dann aus diesem reducirt. In einem irdenen Tiegel wird 1 Theil Schwefel geschmolzen; darauf thut man 5 Theile des verunreinigten Quecksilbers hinzu, rührt beständig mit einem eisernen Spatel, bis beide sich mit einer Explosion verbinden, wobei, namentlich bei größeren Quantitäten, einige Vorsicht anzuwenden ist. Die erkaltete Masse wird herausgenommen, in einem eisernen oder steinernen Mörser gepulvert, und in einen Glaskolben gethan, welcher etwa nur zu $\frac{2}{3}$ angefüllt sein darf; letzterer wird dann mit etwas Papier lose verstopft in einem Tiegel mit Sande mehrere Stunden einer allmählig verstärkten Rothglühhitze ausgesetzt, bis sich der Zinnober völlig sublimirt hat.

Digitized by Google

Dieser wird herausgenommen, gepulvert, mit ½ Eisenfeil oder nahe einer gleichen Menge Kalk gemengt, und dann am besten aus einer eisernen Retorte im Sandbade destillirt. Statt der letzteren kann man auch eine irdene oder eine gläserne beschlagene nehmen, läuft aber bei der ersteren Gefahr, durch die Porosität derselben Quecksilber zu verlieren, und ist bei der letzteren nicht gegen das Zerspringen gesichert. Den Hals der Retorte umwickelt man mit mehrere Zolle vorstehendem Fließpapier und taucht das Ende desselben in ein Gefäß mit Wasser, in welchem man dann das gereinigte Quecksilber findet. — Baumgartner schlägt, um chemisch unreines Quecksilber zu reinigen, vor, man solle das unreine Quecksilber in Schwefelsäure auflösen, das schwefelsaure Quecksilber mit Aetzkalk mengen, erhitzen und das freiwerdende Quecksilber auffangen. — Ist indeß das Quecksilber chemisch rein und nur mechanisch mit Schmutz und Staub verunreinigt, so kann man es sogleich dadurch reinigen, daß man es einige mal durch Trichter von Schreibpapier laufen läßt, noch besser, wenn man es in einer Flasche von Steingut mit einigen glühend hineingeworfenen Holzkohlen schüttelt, und sodann durch Papiertrichter laufen läßt. — Von Wasser und Luft trennt man das Quecksilber durch Sieden. —

Bei Wahl der Glasröhre muß man sein Augenmerk auf mehreres richten. Erstens muß sie aus einem harten Glase bestehen, denn bei weichem Glase kommt es leicht vor, daß eine Zersetzung beim Auskochen, von dem sogleich die Rede sein wird, statt findet. Namentlich erwähnt Baumgartner, daß dieses mit mehreren in Oesterreich verfertigten Glassorten der Fall sei. Indeß darf man auch kein zu hartes Glas wählen, weil dieses der Gefahr des Springens beim Auskochen ausgesetzt ist; am meisten hüten muß man sich vor solchen Röhren, die schon feine Sprünge haben, welche als ganz feine Linien, welche der Länge nach die Glasröhre überziehen, sichtbar sind.

Zu Gefäßbarometern nimmt man eine Röhre von etwas über 32 Zoll. Die Dicke der Seitenwand der Röhre darf nicht über ½ Lin. betragen, weil die Röhre sonst leicht bei der Erhitzung springt, durch dünnes Glas setzt sich hingegen die Wärme leichter und gleichmäßiger fort; aber auch nicht zu dünn darf die Glasröhre sein, indem dieselbe dann bei dem geringsten Stoß des Quecksilbers gegen das obere Ende zerschellt werden würde, am vortheilhaftesten wird eine Glasdicke von 0,2 Lin. sein. Die Weite der Röhre darf nicht unter 1,5 Lin. und nicht über 3 Lin. sein; denn wollte man eine engere Röhre nehmen, so würde das Quecksilber durch die Adhäsion an den Wänden in der leichten Beweglichkeit gehindert, auch der Einfluß der Haarröhrchenanziehung (von welcher später besonders) zu groß sein, bei einer weiteren Röhre dagegen würde die Menge und also auch das Gewicht des Quecksilbers unnöthig vermehrt werden, auch die Gefahr, daß in den oberen leeren Raum Luft dringe, groß sein. Die Glasröhre muß ferner von durchgängig gleicher Weite sein, eine Eigenschaft, die, gemäß ihrer Bereitungsart, nur wenige Glasröhren vollkommen besitzen. Um zu untersuchen, ob eine Glasröhre von durchgängig gleicher Weite sei, bedient man sich folgenden Mittels.

Digitized by Google

Man befestigt einen Kork an einen Bindfaden und zieht denselben durch die zu untersuchende Röhre; zugleich läßt man über dem Kork einen Tropfen Queckſilber mit durch die Röhre laufen. Dieser nimmt in der Röhre die Gestalt eines kleinen Cylinders an; indem man nun die Länge dieses Cylinders beobachtet, findet man, ob die Röhre durchgängig von gleicher Weite sei. Ist dieses nämlich der Fall, so wird beim Durchlaufen der Queckſilbercylinder von stets sich gleichbleibender Länge sein, finden sich dagegen engere und weitere Stellen in der Röhre, so wird der Cylinder bei jenen länger, bei diesen kürzer werden. Die Beobachtung der Länge des Cylinders kann mittelst des Zirkels oder noch leichter mittelst eines Kartenblättchens, auf welches man sich die Länge desselben, die er beim ersten Einfüllen hatte, verzeichnet, angestellt werden. Bei Heberbarometern pflegt man, damit der längere und der kürzere Schenkel von gleicher Weite sei, zu letzterem das oben abgeschnittene Stück des längeren zu nehmen. — Hat man nun eine Glasröhre gefunden, welche allen den genannten Bedingungen entspricht, so reinige man sie zuvörderst von allem inwendig anhaftenden Schmutz und Staube. Man befestige einen Wischer von Baumwolle an einen Bindfaden und ziehe ihn wiederholt durch die oben und unten noch offene Röhre, bis sie ganz rein erscheint. Nun erst schmelze man ein Ende der Röhre zu. Dieß darf aber nicht so geschehen, daß die Röhre in eine Spitze auslaufe, weil es dann schwer halten würde, alle Luft daraus zu vertreiben, was doch geschehen muß; es muß sich die Röhre oben in eine etwas erweiterte Wölbung endigen. Man hat um das leichte Zerschellen, wenn bei Erschütterungen die Queckſilbersäule im Barometer gegen die Wölbung schlägt, zu hindern, vorgeschlagen, die Glasröhre 0,5 bis 0,75 Zoll unter ihrem oberen Ende bis zu einer Weite von etwa $\frac{1}{2}$ Lin. zusammenzublasen, damit durch den engeren Raum die Gewalt des Queckſilbers, ehe es gegen die obere Wölbung schlägt, gebrochen werde. Derartige Röhren sind indeß beim Auskochen dem Zerspringen sehr ausgesetzt.

Die Füllung der Röhre muß nun so geschehen, daß durchaus keine Luft oder Dampf sich in dem Raume über dem Queckſilber sammeln kann, sondern daß derselbe vollkommen leer sei. Schon oben ist gesagt worden, daß Luft und Feuchtigkeit durch Erhitzen aus dem Queckſilber vertrieben werde; dieses kann geschehen, indem man es in einer gläsernen Phiole über ein heißes Blech oder auf einen heißen Ofen stellt, bis das Glas mit feinen Queckſilbertropfen überzogen zu werden anfängt, dann nimmt man es weg, und läßt es vor dem Einfüllen in die Röhre auskühlen. Wollte man es warm einfüllen, so würde die Röhre mit einem feinen Thau beschlagen und man würde Gefahr laufen, daß sich Feuchtigkeit dem Queckſilber beimenge, welche wegzuschaffen, viele Mühe kostet. Auch die Röhre wird vor dem Einfüllen des Queckſilbers stark erhitzt, damit sich alle Feuchtigkeit aus derselben entferne. Doch auch jetzt kann die Röhre noch nicht unmittelbar mit Queckſilber gefüllt und als Barometerröhre gebraucht werden, das Queckſilber muß vielmehr in der Röhre selbst gekocht werden. Dieß geschieht nach Biot in folgender Weise. In die ausgetrocknete Röhre gießt man schon ge-

Digitized by Google

kochtes Queckſilber hinein, nicht in ſolcher Quantität, um ſie ganz anzufüllen, ſondern bloß ſo viel, daß es eine Länge von fünf bis ſechs Centimetern (etwa 2 Zoll) einnimmt; darauf hält man die Röhre abermals über das Feuer, aber mit noch mehr Vorſicht als das erſtemal, und gibt allmählig immer mehr Hitze, bis das Queckſilber anfängt, ins Sieden zu kommen. Hat dieß einige Augenblicke gedauert, ſo zieht man die Röhre vom Feuer ab, verſchließt ſie, um das Eindringen der Feuchtigkeit zu verhüten, mit einem Stöpſel und läßt ſie erkalten. Dieſe Operation muß in einem Zimmer mit offenen Fenſtern vorgenommen werden, oder wenigſtens in einem, das geräumig genug iſt, um eine nachtheilige Einwirkung der Queckſilberdämpfe auf den Operirenden zu verhüten. Nachdem die Röhre erkaltet iſt, nimmt man ſie wieder zur Hand, gießt eine neue, der erſten ziemlich gleiche, Quantität Queckſilber hinein, läßt dieſes abermals kochen und wiederholt den Verſuch auf die nämliche Weiſe, bis die Röhre faſt ganz voll iſt. Darauf ſchüttet man die, noch fehlende, geringe Queckſilbermenge hinzu; läßt ſie aber nicht in der Röhre kochen, weil ſie dadurch herausgetrieben werden würde.

Weitläuftiger gibt das Verfahren beim Auskochen der Röhre Baumgartner an. Man ſoll die Röhre anfänglich nur etwa zur Hälfte anfüllen und ſie dann alſogleich auskochen. Zu dieſem Behuf dient eine gewöhnliche Räucherpfanne mit einem an der Seitenwand angebrachten Ausſchnitt, der zur Aufnahme der Glasröhre beſtimmt iſt. Man legt in dieſe Pfanne bereits ſchon glühende Kohlen, ſorgt aber dafür, daß in der Nähe des Ausſchnittes eine große flache Kohle auf den Boden zu liegen komme und zu beiden Seiten derſelben die Kohlen aufgethürmt ſeien, aber nach der der Spalte entgegengeſetzten Seite zu immer abnehmen, zugleich aber auch, daß zwiſchen dieſen Kohlen gleichſam eine Rinne zur Aufnahme der Glasröhre übrig bleibe. Nun wird die Glasröhre zuerſt mit dem geſchloſſenen Ende den glühenden Kohlen ſorgfältig genähert, damit ſie ſich langſam erhitze, endlich gar in die Kohlenſpalte geſenkt und dabei immer um ihre Axe gedreht, während man ſie in einer ſchiefen Richtung, etwa 25—30° gegen den Horizont geneigt hält. Bald wird man bemerken, daß das Glas faſt matt wird, mithin ſich Luftblaſen entwickeln, die immer größer und größer werden, und endlich längs der Glaswand in die Höhe ſteigen, wobei ſie ihren Weg durch einen beſondern Glanz des Queckſilbers bezeichnen, zum Beweiſe, daß ſie die meiſte Luft mitgenommen haben. Man thut gut, die Stelle, von wo aus ſich die Blaſen auf dieſe Weiſe entwikkelt haben, durch Vorſchieben der Röhre aus dem Feuer zu bringen, damit eine andere Stelle dahin gelange, und dieſe Operation bis zum Ende des Queckſilbers fortgeſetzt werde. Bei der zweiten und den folgenden ſo zu behandelnden Stellen wird man nicht lange auf die Blaſenentwickelung warten dürfen, weil ſie ſchon erhitzt in den eigentlichen Feuerraum kommen. Hat man auf dieſe Weiſe den größten Antheil Luft aus dem Glaſe vertrieben, ſo beginnt man die Arbeit wieder von Neuem und läßt dabei das Queckſilber in ſtarkes Sieden kommen. Man braucht dazu nur wie bei der vorhergehenden Arbeit zu verfahren, mit

Digitized by Google

dem Unterschiede, daß man jede einzelne Glasstelle nicht eher vorschiebt, als bis das Queckſilber heftig kocht und ſich an der Stelle, wo dieſes geſchieht, noch weniger aber unterhalb noch Luftblaſen zeigen. Wenn man der Glasröhre nur eine ſanfte Neigung gegen den Horizont gibt und ſie langſam um ihre Axe dreht, wird man leicht jedes Bläschen bemerken, und es bald vertreiben, wenn man nur die Stelle unterhalb deſſelben dem ſtärkſten Feuer ausſetzt. Hat man auf dieſe Weiſe das ganze bereits eingefüllte Queckſilber ausgekocht, ſo läßt man es auskühlen und füllt dann die ganze Röhre mit friſchem Queckſilber bis etwa auf ein 1—1½ Zoll langes Stück an, und verfährt dann mit dieſem wie vorhin. Man ſoll ja nicht kaltes Queckſilber auf warmes nachfüllen, weil ſich jenes als das dichtere ſenkt und wieder Luft in den unteren, ſchon ausgekochten Theil bringt. Uebrigens iſt nicht daran zu denken, daß ein Barometer ſchon vollkommen luftleer ſei, wenn man es einmal ausgekocht hat; es iſt nothwendig, dieſe Arbeit zwei, dreimal und öfter zu wiederholen, bis man endlich gar keine Luftblaſe mehr bemerkt. Nur das oberſte Stück, daß man beim erſteren Proceſſe immer leer laſſen mußte, um für die durch Erhitzung bewirkte Ausdehnung des Queckſilbers Raum zu haben, braucht man nur einmal gut durchzukochen.

Muncke iſt dagegen der Meinung, es ſei nöthig, um vollkommene Reinheit zu erhalten, die ganze Röhre zugleich über einer hinlänglichen Menge Kohlen auszukochen, eine Methode, welche der Mechanicus Clarcy bei einigen Barometern anwandte und welche nach der Ausſage des Dr. Eimke ein gemeiner Glasbläſer in Hamburg bei allen für Repſold ausgekochten Barometerröhren befolgt. Auch d'Angos gibt an, daß er, um übereinſtimmende Barometer zu erhalten, die Röhren mit reinem Queckſilber fülle, die obere Mündung mit einem länglichen Sacke von Leinen verbinde, um das durch das Sieden herausgeworfene Queckſilber aufzunehmen, dann drei Röhren zugleich in ein Futteral von Eiſenblech mit feiner Aſche gefüllt einſchließe, dieſes allmählig erhitze, und dann über Holzkohlen in einer etwas geneigten Lage eine halbe Stunde kochen laſſe. Iſt hierbei zu viel Queckſilber aus der Röhre gekommen, ſo werden die Röhren nachgefüllt und abermals gekocht, wodurch ſie völlig luftleer werden. Indeß ſcheint dieſe Methode wegen des heftigen Siedens des Queckſilbers kaum anwendbar, und auf allen Fall der leinene Sack nicht hinlänglich gegen das Auslaufen und Verdampfen des Queckſilbers ſchützend, abgerechnet, daß derſelbe in der großen Hitze des Sandes verkohlen muß. Gerathener dürfte es zur Erreichung dieſes allerdings wichtigen Zweckes ſein, an das offene Ende der Barometerröhre eine hinlänglich weite Kugel mit einer feinen etwas gebogenen Spitze anzublaſen, in welcher das wallende und durch die Hitze ſtark ausgedehnte Queckſilber ſich ſammeln und aus derſelben wieder in die Röhre zurückfließen könnte, dieſe Kugel aber ſo weit vom Feuer entfernt zu halten, daß das Queckſilber in derſelben während des heftigen Siedens in der Röhre nur wenig ſiedet, um nicht zu großen Verluſt durch die entweichenden Dämpfe zu erleiden. Arbeiter, welche dieſes Auskochen oft und anhaltend verrichten, müſſen zum

Schutze gegen den schädlichen Einfluß der Queckſilberdämpfe die Athmungswerkzeuge mit einem naſſen Badeſchwamme verhüllen.

Ein Verfahren bei Auskochung der Barometerröhre, welches berückſichtigt zu werden ſehr verdient, gibt Romershauſen an, wie folgt: Irgendwo an einer Wand wird in paſſender Höhe die elaſtiſche Holzlatte b (Fig. 37.) ſicher befeſtigt und am andern Ende derſelben a der eiſerne Haken r aufgeſchroben. Man umwindet alsdann dieſen Haken mit einer wollenen Schnur, damit die Glasröhre ohne Beſchädigung darauf ruhen kann. l iſt eine Spirituslampe, welche vermittelſt der Röhre m in der Mitte ſo durchbrochen iſt, daß die Glasröhre s vollkommen geräumig hindurch geſteckt werden kann. Das Innere dieſer Röhre iſt mit einem ſchwachen Stück Filz bis nahe zum oberen Rande ausgefüttert. Rings um dieſe Röhre m bilden 4 Dochte eine ſtarke Flamme um die durchgeſteckte Barometer-Röhre, welche vermittelſt des Handgriffs der Lampe bequem an derſelben auf und nieder bewegt werden kann. Fig. 38. zeigt den Dochthalter dieſer Lampe von oben, m iſt die geräumige, mittlere Oeffnung, welche die Barometer-Röhre aufnimmt, und dddd ſind die Oeffnungen für die 4 Dochte. W iſt ein ſenkrecht unter der Vorrichtung ſtehendes, geräumiges Waſſergefäß. Das Auskochen vermittelſt dieſes Apparates iſt ſehr leicht und bequem, es iſt hier an einer gewöhnlichen Heberbarometer-Röhre dargeſtellt. Die ſorgfältig gefüllte Röhre os wird an den Haken r aufgehangen und mit einem Faden daſelbſt feſtgebunden. An den kurzen Schenkel o befeſtigt man eine leichte Papier-Rolle, welche man ſeitwärts in ein nebenſtehendes Glas mit Waſſer leitet, um die etwanigen Dämpfe, wie das etwa überſteigende Queckſilber daſelbſt aufzufangen. Man zündet alsdann die Lampe l an, läßt die ſenkrecht herabhängende Röhre s durch die Oeffnung m hindurchgleiten und erhitzt anfangs durch ſchnelles Herauf- und Hinabbewegen der Lampe die ganze Röhre allmählig und gleichförmig. Alsdann fängt man unten bei s das eigentliche Kochen an und ſchreitet damit nach und nach an der Röhre hinauf. Durch Bewegung der Lampe ober- und unterhalb des Kochpunktes kann man ſehr leicht das ſchnelle und der Röhre gefährliche Herabfallen des ſteigenden Queckſilbers verhüten, wozu ſchon der erſte Verſuch hinlängliche Anleitung gibt. Während dieſer Operation gibt ein Gehülfe fortwährend mit einem Hammer kleine Schläge auf die Holzlatte, welche dadurch in andauernde Vibration geſetzt wird und das ſenkrechte Aufſteigen der Luft und Waſſerdämpfe in der Röhre ungemein beſchleunigt und fördert. Die Vibration der Holzlatte kann auch ohne Gehülfen durch einen einfachen Fußtritt leicht bewirkt werden. Das Auskochen der Röhre erfolgt auf dieſe Weiſe ſo ſchnell und vollkommen, als es auf keinem andern Wege möglich iſt; man iſt dabei ſo ganz gegen alle ſchädlichen Ausdünſtungen des Queckſilbers — wie auch gegen jeden Verluſt dieſes Metalls, geſichert, daß ſelbſt in dem kaum möglichen Falle des Zerſpringens auch nicht der kleinſte Theil des Queckſilbers zerſtreut werden kann, denn der ganze Inhalt der Röhre fällt augenblicklich in das Waſſergefäß W herab.

Hat man die Glasröhre wohl ausgekocht, ſo verſchließt man ihr oberes Ende und bringt ſie mit denſelben unter das gereinigte Queckſil-

Digitized by Google

ber in Gefäße, wo man sie öffnet und dergestalt ein richtiges Gefäßbarometer gewonnen hat. Hat man, wie oben angegeben, die Röhre etwas über 32 Z. lang genommen, so ritzt man noch vor dem Umwenden in einer Höhe von höchstens 32 Z. die Glasröhre ein, und bricht das kürzere Stück etwas unterhalb der Oberfläche des Queckfilbers ab; hierauf wendet man, wie oben angegeben, die Röhre um.

Heberbarometer müssen schon vor dem Auskochen in die gehörige Form gebogen werden, mit Ausnahme des von Gay-Lussac angegebenen (s. S. 159.), bei dem wegen des zwischengesetzten engen Röhrchens der kürzere Schenkel erst nach dem Auskochen umgebogen wird, weil hierdurch das Auskochen um vieles leichter geschieht und beim Zusammenziehen des Queckfilbers nach dem Erkalten auch dafür gesorgt werden kann, daß ausgekochtes Queckfilber in die engere Röhre kommt.

Aus den Gesetzen der Adhäsion ist es zu erklären, daß sehr häufig, nachdem man die Röhre umgewendet hat, das Queckfilber, welches durch das Auskochen in die innigste Berührung mit der innern Wand der Röhre getreten ist, sich gar nicht, oder doch nicht bis zu der natürlichen Tiefe herabsenkt, zuweilen auch oben ein Theil des Queckfilbers hängen bleibt, während die Säule unter ihm heruntergeht. Die Röhre muß dann so lange sanft erschüttert werden, bis das Queckfilber seinen gehörigen Stand annimmt.

Das Gefäß des Barometers verdient noch besondere Berücksichtigung. Bei dem Birnbarometer ist das Gefäß eine unmittelbar an die Röhre angeschmolzene Glaskugel, deren Durchmesser sich zu dem der Röhre wie 10 : 1 verhalten soll, selbst wenn das Instrument nur als Zimmerbarometer gebraucht wird, damit die Veränderungen des Queckfilberstandes in derselben so klein ausfallen, daß man sie für den gewöhnlichen meteorologischen Gebrauch vernachlässigen kann. Ein eigentliches Queckfilbergefäß kommt nur bei jenen Barometern vor, die davon den Namen Gefäßbarometer führen. Ein solches Gefäß besteht aus Glas, Eisen, Bein oder Holz, und zwar im letzteren Falle meistens aus Burholz. Gläserne Gefäße braucht man nur in dem Falle, wo man die Oberfläche des Queckfilbers durch ein im Innern des Gefäßes vorhandenes Merkzeichen reguliren will; eiserne, wenn das Instrument besondere Festigkeit besitzen soll, und man der Luft durch eine eigne Oeffnung Zutritt gestatten will; hölzerne Gefäße sind von allen die brauchbarsten, sie lassen, wenn auch die Wände $\frac{1}{2}$ Zoll dick sind, ohne besonders angebrachte Oeffnung schnell Luft, aber nicht Queckfilber durch, besitzen eine Festigkeit, vermöge welcher sie selbst starken äußeren Einwirkungen widerstehen und sind leicht von jeder beliebigen Größe zu erhalten. Beinerne Gefäße mögen wohl zierlich aussehen, taugen aber wegen ihrer hygroscopischen Beschaffenheit und dem so leicht erfolgenden Schwinden nicht viel. Die Form dieser Gefäße ist immer cylindrisch und die untere Hälfte ist mit einem ledernen (am besten aus Hundsleder) Sack versehen, der nur mit den Rändern am Umfange des Cylinders luftdicht haftet. Am oberen Deckel ist die Glasröhre eingekittet oder besser eingeleimt, der untere ist mit einer Schraube ver-

Digitized by Google

sehen, wodurch der Boden des Sackes, der das Queckſilber enthält, gehoben oder geſenkt wird.

Ein ſehr wichtiger Theil des Barometers iſt endlich die Scale; ſie muß nach einem allgemein anerkannten Maße verfertigt ſein, deſſen Verhältniß zu den übrigen gewöhnlich vorkommenden Längenmaßen bekannt iſt. Am meiſten empfiehlt ſich wegen der genauen Beſtimmtheit der Menge eines Meters und wegen der Decimaleintheilung, die für die Rechnung ſehr bequem iſt, die Theilung in Millimeter. Außer dieſer Theilung kommt die in Pariſer Linien am häufigſten vor. Sobald man die Scale auf einen neben der Glasröhre angebrachten Körper zeichnet, ſo dehnt ſich dieſelbe durch die Wärme vom Glaſe unabhängig aus (ſ. d. Art. Ausdehnung). Bei Temperaturveränderungen werden hierdurch nothwendig Unrichtigkeiten herbeigeführt werden, wenn man nicht die Ausdehnung des Körpers, auf welchen die Scale verzeichnet iſt, in Rechnung bringt. Am beſten und einfachſten wird es ſein, die Scale unmittelbar auf die Glasröhre zu zeichnen. Dieſe Einrichtung hat nur den Nachtheil, daß beim Zerbrechen der Glasröhre die mühſam gearbeitete Scale zugleich mit zerſtört wird, während man, ſobald die Scale auf einen andern Körper verzeichnet iſt, dieſe auch für jede neue Röhre gebrauchen kann. Jedenfalls muß man die Ausdehnung des Körpers, auf welchen man die Scale zeichnet, genau kennen, es iſt daher durchaus unſtatthaft, papierene oder beinerne Scalen zu wählen. Will man irgend genaue Beſtimmungen haben, ſo muß die Scale mit einem Nonius verſehen ſein, welcher $\frac{1}{50}$ Lin. oder $\frac{1}{20}$ Mill. angibt. Mikroſkope anzubringen, um eine noch größere Schärfe der Beobachtung zu gewinnen, iſt unnütz, weil das Barometer ein Inſtrument iſt, welches überhaupt keine Beſtimmungen von der Schärfe gibt, daß Mikroſkope anzuwenden wären.

Da bei Zuſammenſtellungen von Barometerbeobachtungen die nach irgend einem Maße gegebenen Beobachtungen häufig auf ein anderes Maß reducirt werden müſſen, ſo iſt es bequem, bei der Reduction von Par. Linien auf Dixmillimeter und umgekehrt ſich nachſtehender Tabellen (aus Gehlers Phyſ. Wört.) zu bedienen. Der Gebrauch derſelben iſt leicht einzuſehen. Geſetzt, es wäre eine Beobachtung 0^m, 758 gegeben, und man wollte den Werth in Linien haben; ſo findet man in der größeren Tafel unmittelbar bei der Zahl

0^m, 758 = 336,018 Par. Lin.

Wäre gegeben der Barometerſtand = 0^m, 762350, ſo gibt die Tabelle für die Zahlen 762 = 337791 und für die Zahlen 350 = 155153, alſo

0^m, 762	= 337,791
0^m, 000350	= 0,155153
Zuſammen	= 337,946 Lin.

Oder will man ſich zugleich der kleinern Tabelle bedienen, ſo hat man

aus der größern Tab.	0^m, 762	= 337,791
aus der kleinern Tab.	0^m, 0003	= 0,1329
" " " "	0^m, 00005	= 0,02216
		337,94606

Digitized by Google

Man könnte auch mit der kleinen Tabelle allein auskommen, indem man die Werthe von 0^m, 7; 0^m, 06; 0^m, 002; 0^m, 0003; 0^m, 00005 gehörig unter einander setzte und addirte.

Will man umgekehrt Linien auf Meter reduciren, so verfährt man in folgender Art. Es gebe eine Beobachtung 336,54 Lin., man suche den nächst kleinern Werth in der Columne Linien, er ist 336,461, und es ist nach der Tabelle

$$336{,}461 = 0^m, 759$$

Dieser Werth ist aber, weil $336{,}540 - 336{,}461 = 0{,}079$, um diese letzte Zahl zu klein. Der nächstgrößere Werth ist in der Tabelle 336,905; der Unterschied des nächstgrößern und nächstkleinern also $= 0{,}444$, so findet man genau den Werth von 336,54 par. Lin. $= 0^m, 759 + \frac{0{,}079}{0{,}444}$ Millim. $= 0^m, 759178$.

m m	Lin.	m m	Lin.
0,1	0,0443	0,6	0,2659
0,2	0,0887	0,7	0,3103
0,3	0,1329	0,8	0,3546
0,4	0,1773	0,9	0,3989
0,5	0,2216	1,0	0,4433

m m	Linien.	m m	Linien.	m m	Linien.
300	132,989	323	143,184	346	153,380
1	133,432	4	628	7	824
2	875	5	144,071	8	154,267
3	134,319	6	514	9	710
4	762	7	958	350	155,153
5	135,205	8	145,401	1	597
6	648	9	844	2	156,040
7	136,092	330	146,287	3	483
8	535	1	731	4	927
9	978	2	147,174	5	156,370
310	137,422	3	617	6	813
1	865	4	148,061	7	158,256
2	138,308	5	504	8	700
3	751	6	947	9	159,143
4	139,195	7	149,391	360	586
5	638	8	834	1	160,030
6	140,081	9	150,277	2	473
7	525	340	720	3	916
8	968	1	151,164	4	161,360
9	141,411	2	607	5	803
320	855	3	152,050	6	162,246
1	142,298	4	494	7	689
2	741	5	937	8	163,133

Anm. Die zunächst überstehenden Ziffern sind durchgängig zu ergänzen.

Digitized by Google

m m	Linien.	m m	Linien.	m m	Linien.
369	163,576	414	183,524	459	203,473
370	164,019	5	968	460	916
1	463	6	184,411	1	204,359
2	906	7	854	2	802
3	165,349	8	185,297	3	205,246
4	792	9	741	4	689
5	166,235	420	186,184	5	206,132
6	679	1	627	6	576
7	167,122	2	187,071	7	207,019
8	566	3	514	8	462
9	168,009	4	957	9	905
380	452	5	188,401	470	208,349
1	896	6	844	1	792
2	169,339	7	189,287	2	209,235
3	782	8	730	3	679
4	170,225	9	190,174	4	210,122
5	669	430	190,617	5	565
6	171,112	1	191,060	6	211,009
7	555	2	504	7	452
8	999	3	947	8	895
9	172,442	4	192,390	9	212,338
390	885	5	833	480	782
1	173,329	6	193,277	1	213,225
2	772	7	720	2	668
3	174,215	8	194,163	3	214,112
4	658	9	607	4	555
5	175,102	440	195,050	5	998
6	545	1	493	6	215,442
7	988	2	936	7	885
8	176,432	3	196,380	8	216,328
9	875	4	823	9	771
400	177,318	5	197,266	490	217,215
1	761	6	710	1	658
2	178,205	7	198,153	2	218,101
3	648	8	596	3	545
4	179,091	9	199,040	4	988
5	535	450	483	5	219,431
6	978	1	926	6	875
7	180,421	2	200,369	7	220,318
8	865	3	813	8	761
9	181,308	4	201,256	9	221,204
410	751	5	699	500	648
1	182,194	6	202,143	1	222,091
2	638	7	586	2	534
3	183,081	8	203,029	3	978

Digitized by Google

m m	Linien.	m m	Linien.	m m	Linien.
504	223,421	550	243,812	596	264,204
5	864	1	244,259	7	647
6	224,308	2	699	8	265,091
7	751	3	245,142	9	531
8	225,194	4	586	600	977
9	637	5	246,029	1	266,421
510	226,081	6	472	2	864
1	524	7	916	3	267,307
2	967	8	247,359	4	750
3	227,411	9	802	5	268,194
4	854	560	248,245	6	637
5	228,297	1	689	7	269,080
6	740	2	249,132	8	524
7	229,184	3	575	9	967
8	627	4	250,019	610	270,410
9	230,070	5	462	1	853
520	514	6	905	2	271,297
1	957	7	251,348	3	740
2	231,400	8	792	4	272,183
3	844	9	252,235	5	627
4	232,287	570	678	6	273,070
5	730	1	253,122	7	513
6	233,173	2	565	8	957
7	617	3	254,008	9	274,400
8	234,060	4	452	620	843
9	503	5	895	1	275,286
530	947	6	255,338	2	730
1	235,390	7	781	3	276,173
2	833	8	256,225	4	616
3	236,276	9	668	5	277,060
4	720	580	257,111	6	503
5	237,163	1	555	7	946
6	606	2	998	8	278,390
7	238,050	3	258,441	9	833
8	593	4	884	630	279,276
9	936	5	259,328	1	719
540	239,380	6	771	2	280,163
1	823	7	260,214	3	606
2	240,266	8	658	4	281,049
3	709	9	261,101	5	493
4	241,153	590	261,544	6	936
5	596	1	988	7	282,379
6	242,039	2	262,431	8	822
7	483	3	874	9	283,266
8	926	4	263,317	640	709
9	243,369	5	761	1	284,152

m m	Linien.	m m	Linien.	m m	Linien.
642	284,596	688	304,987	734	325,379
3	285,039	9	305,430	5	822
4	482	690	874	6	326,265
5	926	1	306,317	7	709
6	286,369	2	760	8	327,152
7	812	3	307,204	9	595
8	287,255	4	647	740	328,039
9	699	5	308,090	1	482
650	288,142	6	534	2	925
1	585	7	977	3	329,369
2	289,029	8	309,420	4	812
3	472	9	864	5	330,255
4	915	700	310,307	6	698
5	290,359	1	750	7	331,142
6	802	2	311,193	8	585
7	291,245	3	637	9	332,028
8	688	4	312,080	750	472
9	292,132	5	523	1	915
660	575	6	967	2	333,358
1	293,018	7	313,410	3	801
2	462	8	853	4	334,245
3	905	9	314,297	5	688
4	294,348	710	740	6	335,131
5	791	1	315,183	7	575
6	295,235	2	626	8	336,018
7	678	3	316,070	9	461
8	296,121	4	513	760	905
9	565	5	956	1	337,348
670	297,008	6	317,400	2	791
1	451	7	843	3	338,234
2	895	8	318,286	4	678
3	298,338	9	729	5	339,121
4	781	720	319,173	6	564
5	299,224	1	616	7	340,008
6	668	2	320,059	8	451
7	300,111	3	503	9	894
8	554	4	946	770	341,337
9	998	5	321,389	1	381
680	301,441	6	833	2	342,224
1	884	7	322,276	3	667
2	302,328	8	719	4	343,111
3	771	9	323,162	5	554
4	303,214	730	606	6	997
5	657	1	324,049	7	344,441
6	304,101	2	492	8	884
7	544	3	936	9	345,327

Digitized by Google

Das Vorhergehende gibt die Regeln an, nach welchen man im Allgemeinen Barometer anzufertigen hat. Es werden indeß zu verschiedenen Zwecken diesem Instrumente noch verschiedene besondere Einrichtungen gegeben, theils um das Barometer empfindlicher zu machen, so daß die Queckſilberſäule verhältnißmäßig größere Abänderungen ihrer Länge bei Veränderung des Luftdruckes erleidet, oder so daß auf irgend eine Art die Veränderungen der Höhe des Queckſilbers vergrößert dargeſtellt werden; theils um es transportabel zu machen, so daß man weniger in Gefahr iſt, durch Stöße und dadurch verurſachte Schwankungen des Queckſilbers die Glasſäule zu zertrümmern; theils um die Queckſilberſäule im Gefäße von den Veränderungen der Länge der Säule unabhängig zu machen, so daß man nur die Höhe des Queckſilbers in der Röhre zu berückſichtigen nöthig hat. Die brauchbarſten und gebräuchlichſten Vorrichtungen, welche man zu Erlangung dieſer Abſichten erfunden hat, ſind anzuführen.

Beſchreibung der gebräuchlichſten und brauchbarſten Barometer.

Die Menge verſchiedenartiger von verſchiedenen Phyſikern erſonnener und ausgeführter Barometer iſt ſehr groß. Wir wollen nur der gebräuchlichſten und empfehlungswertheſten Erwähnung thun. Das von Hooke beſchriebene Radbarometer (ſ. Fig. 39.) iſt zu genauen Beobachtungen nicht brauchbar, wird jedoch namentlich zu oberflächlichen Wetterbeobachtungen, weil ſich die Einrichtung nicht übel ausnimmt, ungeachtet ſeiner Vergänglichkeit ziemlich häufig angewandt. Am zweckmäßigſten macht man es aus zwei weiteren Cylindern, welche durch eine gewöhnliche Barometerröhre verbunden ſind. Auf dem Queckſilber am Cylinder des kürzeren Schenkels ſchwimmt ein Gewicht mit einem Faden, welcher um eine Welle des Zeigers geſchlungen und durch ein Gegengewicht balancirt iſt, welches dem erſtern das Gleichgewicht hält. So wie das Queckſilber ſteigt oder fällt, erhebt ſich auch oder ſinkt das auf ihm ſchwimmende Gewicht, und treibt durch den Faden vermittelſt der Welle den Zeiger herum, welcher auf einem Zifferblatte Zolle und Linien anzeigt. Man läßt gewöhnlich das ganze Werkzeug in die Wand ein, ſo daß bloß das Zifferblatt mit dem Zeiger wie das einer Uhr ſichtbar iſt. Der Zeiger muß ſehr genau balancirt ſein, damit ſein eigenes Gewicht ohne Einfluß auf ſeine Stellung bleibt. Auch muß die Reibung ſeiner Zapfen möglichſt gering ſein. Das Inſtrument iſt zwar ſehr empfindlich, da es indeß bloß nach einem andern richtigen Barometer durch vergleichende Beobachtungen regulirt werden kann, ſowohl auf das Gewicht als auf den Faden die Feuchtigkeit Einfluß hat, ſo iſt es überall, wo es auf genaue und längere Zeit fortzuſetzende Beobachtungen ankommt, nicht zu gebrauchen.

Ebenfalls ſehr empfindlich iſt Prony's Barometer an einem Wagebalken, allein zu ſehr zuſammengeſetzt, um Anwendung zu finden. Bei ungleichem Stande des Queckſilbers in den beiden Armen werden die Arme des Wagebalkens ungleich beſchwert, wie die Betrachtung der Figur 40. lehrt.

Morlands Barometer beſteht aus einem zweiarmigen Hebel

Digitized by Google

Fig. 41., an dessen kürzerem Arme die Barometerröhre balancirt. An einem eingetheilten Kreisbogen steigt und sinkt das Ende des längeren Hebelarmes, je nachdem bei verschiedenem Luftdruck die Barometerröhre mehr oder weniger Quecksilber enthält. Aus der ganzen Einrichtung sieht man, daß es nur an festen Wänden angebracht werden, und nur nach einem andern richtigen Barometer regulirt werden kann.

Zu deutlicherer Darstellung der Veränderungen des Quecksilberstandes sind sehr geeignet Morlands unter einen schiefen Winkel gebogenes und Bernoulli's unter einem rechten Winkel gebogenes Barometer. Das erstere ist Fig. 42. abgebildet, und man ersieht aus der Zeichnung, daß wenn bei einer geraden Barometerröhre DC das Quecksilber um BC steigt, es in der bei A umgebogenen Barometerröhre um die viel größere Entfernung bc steigen müsse. Aehnlich verhält es sich mit Johann Bernoulli's rechtwinklig gebogenen Barometer, welches Fig. 43. darstellt. Das Quecksilber in der Röhre AC wird durch den Luftdruck, indem die Röhre bei B offen ist, gehalten, und während sie in dem Gefäße bei A nur um weniges steigt oder fällt, wird sie in der Röhre DC um viel größere Entfernungen abweichen. Damit bei sehr niedrigem Barometerstande das Quecksilber nicht abfließe, ist das Gefäß bei B angebracht, diese beiden Barometer haben den Nachtheil, daß durch die Umbiegung die Bewegungen des Quecksilbers etwas gehindert werden. Will man sich derselben bedienen, so muß beim Aufhängen die Neigung des umgebogenen Theiles der Röhre gegen den Horizont genau berücksichtigt werden. Sie sind schwer zu transportiren.

Ein Doppelbarometer, wie es Fig. 44. darstellt, ist von Huyghens vorgeschlagen worden, und besteht aus einer zweischenkligen Röhre ABC, welche in A und B zwei cylindrische Erweiterungen hat, von A bis B mit Quecksilber angefüllt ist und über B eine Säule von gefärbtem Weingeiste hat. Wenn der Luftdruck geringer wird, so sinkt das Quecksilber in A, steigt in B und die Weingeistsäule in C ändert sich wegen des geringen specif. Gewichtes des Weingeistes in einem größeren Verhältnisse, als die Quecksilbersäule. Gegen die Einrichtung dieses Instrumentes spricht der Umstand, daß die Wirkung der Wärme auf die zwei darin enthaltenen Flüssigkeiten viel complicirter ist, als bei dem gewöhnlichen Barometer, daß die Weingeistsäule durch Verdünstung leicht vermindert wird, und daß bei der geringsten Transportirung gar leicht etwas Weingeist in den Hals der Röhre gelangt, und bei nächster Gelegenheit gar in dem leeren Raum des Barometers hinaufsteigt.

Bei Reisebarometern ist die Hauptsache die mögliche Befestigung des Quecksilbers, damit nicht durch Schwankungen desselben die Glasröhre zerbrochen werde. Wollte man die Quecksilbersäule in der Glasröhre unmittelbar festschrauben, so würde man zwar das Zerschellen der Glasröhre durch Schwankungen unmöglich machen, dafür würde aber, wenn sich das Quecksilber durch eine Temperaturerhöhung ausdehnte, die Glasröhre zerspringen. Verschiedene Physiker haben, um diesem Uebelstande abzuhelfen, verschiedene Vorkehrungen ersonnen. Ge-

Digitized by Google

wöhnlich bedient man ſich zu Höhenmeſſungen des von Deluc empfohlenen Heberbarometers. Nach Deluc wird der kürzere Schenkel B (Fig. 45.) nahe über der Krümmung abgeſchnitten, und durch eine Hülſe mnop mit einem Gueriketſchen Hahne ac getrennt, ſo daß dieſer, nachdem man das Barometer geneigt hat, um das ſämmtliche Queckſilber bis auf eine unbedeutende Kleinigkeit in den längeren Schenkel zu bringen, nach dem Umdrehen alle Gemeinſchaft deſſelben mit dem kürzeren Schenkel abſchneidet. Deluc machte die Hülſe aus einem Kork, den Hahn aus hartem Holze, Elfenbein oder Narwalszahn, andere verfertigten beides aus Holz oder Elfenbein oder zum noch ſicherern Verſchließen aus Eiſen. Derartige Inſtrumente haben den Nachtheil, daß ſie bei nicht vollkommner Verſchließung Queckſilber durchlaſſen oder bei vollkommner Verſchließung, ſobald die Wärme das Queckſilber ausdehnt, ſpringen. Eine Vorkehrung, welche dieſen Uebelſtand aufhebt, hat der Mechanikus Loos erfunden, an dem eiſernen Hahn, welcher wie oben beſchrieben zum Verſchließen der Röhre dient, ſetzt er eine meſſingene inwendig überfirnißte Kapſel mit einem gewölbten Deckel von Federharz ſo in Verbindung, daß nach dem Verſchließen des Hahns das Queckſilber in dem längeren Schenkel durch einen Kanal den Zugang in dieſelbe erhält. Da das Federharz ebenfalls durch die Wärme ausdehnbar wird, und bekanntlich ſehr elaſtiſch iſt, ſo ſichert ſie das Inſtrument bei Ausdehnung des Queckſilbers durch die Wärme vor dem Zerſpringen.

Eine andere Vorrichtung, um die, namentlich auf der See fortwährenden ſtarken Schwankungen geringer und unſchädlich zu machen, fügte Nairne dem oberen weiten Theile der Röhre unterhalb der Mitte eine enge von etwa 0,1 Z. Weite an, und ſenkte dieſe in das Queckſilber. Bei dieſer Einrichtung des Barometers kann nur wenig Queckſilber aus der engen Röhre in die weite kommen, wodurch die Schwankungen ſchwächer werden. Ganz beſonders empfehlungswerth iſt das mit einer ähnlichen Vorrichtung verſehene Heberbarometer Gay-Luſſacs, welches Fig. 46. abgebildet und von Muncke, wie folgt, beſchrieben iſt. Es wird wie ein gewöhnliches Heberbarometer verfertigt, indem man, um gleiches Kaliber zu erhalten, das oben abgeſchnittene Ende der Röhre für den kürzeren Schenkel anſchmelzt, beide Schenkel aber durch ein weites Haarröhrchen verbindet. Bei der Verfertigung bleibt der kürzere Schenkel offen, und die ganze Röhre gerade außer derjenigen Biegung, durch welche die Axen beider Schenkel in eine gerade Linie kommen, damit beim Aufhängen die Fallinie mit dieſer zuſammenfällt und hiernach das Barometer lothrecht hängt. Um das Auskochen zu erleichtern, wird ein feiner Eiſendraht durch die Oeffnung des unteren Schenkels bis ans Ende des Haarröhrchens geſchoben und erſt nach dem Auskochen das Haarröhrchen in die gehörige Form gebogen, das obere Ende des kurzen Schenkels zugeſchmolzen, dann das ſehr feine Löchelchen, welches in der Figur angedeutet iſt, in den kürzeren Schenkel gemacht, damit die Luft hierdurch Zutritt erhalte, ohne daß Queckſilber herausfließen kann. Soll das Barometer auch in der horizontalen Lage bis zum Anfange des kurzen Schenkels mit

Digitized by Google

Queckſilber gefüllt ſein, ſo wird etwas ausgekochtes Queckſilber durch das feine Löchelchen vermittelſt der Erhitzung und Ausdehnung der Luft im kurzen Schenkel nachgefüllt, und dann die fertige Barometerröhre gehörig montirt.

Eine ſehr einfache Vorrichtung, ſowohl Heberbarometer, als auch Flaſchenbarometer zu verſchließen, hat Roſenthal nach Schiavetto's Angabe in Vorſchlag gebracht. Beim Flaſchenbarometer nämlich verengert ſich das Rohr da, wo es an die Kapſel geſchmolzen iſt, von ſelbſt, beim Heberbarometer aber wird der kürzere Schenkel da, wo ſich die Biegung endigt, etwas verengert. Alsdann befeſtigt man an einen dünnen Stab Fiſchbein von der Länge des kürzeren Schenkels nach Schiavetto einen Kork, neigt das Barometer ſo, daß das Queckſilber den längeren Schenkel ganz füllt und drückt den Kork vermittelſt des Fiſchbeinſtäbchens feſt in die Verengerung der Röhre. Noch zweckmäßiger wird dieſe Vorrichtung nach Horner, wenn man ſtatt des ſelten ganz rein, hinlänglich elaſtiſch und ſtark zu erhaltenden Korkes etwas Federharz um das untere Ende des Fiſchbeinſtabes legt und zur Verhütung eines zu ſtarken Anklebens mit Seide umwickelt, an dem oberen Ende des Fiſchbeins aber einen für die Weite der Röhre geeigneten Miſcher von Baumwolle anbringt, das obere Ende des kürzeren Schenkels mit einer Faſſung und einem aufzuſchraubenden Deckel verſieht, und die herabgedrückte Fiſchbeinſtange auf dieſe Weiſe feſtſchraubt. Dieſer Apparat, welcher ſehr zweckmäßig mit dem von Gay-Luſſac angegebenen Barometer verbunden werden kann, gewährt den Vortheil des ſicheren Verſchließens ohne Gefahr für die Barometerröhre, indem das ausgedehnte Queckſilber den verſchließenden Kegel um die erforderliche Kleinigkeit zuſammendrücken oder zurückſchieben würde, während die elaſtiſche durch den oberen Deckel geſpannte Fiſchbeinſtange denſelben ſtets wieder gegen die Verengerung drückt. Außerdem kann man den kürzeren Schenkel wiederholt von Feuchtigkeit und Schmutz reinigen, welche auch durch das feinſte Löchelchen dringen. Das Nachfüllen des Queckſilbers in den kürzeren Schenkel und die ganze Verfertigung des Barometers iſt ungleich leichter als nach Gay-Luſſac und es werden alle Schwankungen der Queckſilberſäule vermieden, welche auf rauhen und holprigen Bergwegen, der engen Verbindungsröhre beider Schenkel ungeachtet leicht gefährlich werden können. Es leidet daher keinen Zweifel, daß dieſe Conſtruction des Heberbarometers unter allen die zweckmäßigſte iſt, den Nachtheil abgerechnet, daß das enge Röhrchen die freie Bewegung des Queckſilbers bedeutend hindert.

Sehr zweckmäßig iſt die Einrichtung des Reiſebarometers, welches Gödeking angegeben hat, und das ſich auch ſehr ſicher transportiren läßt. Das Gefäß beſteht (Fig. 47.) aus trocknem harten Holze, in welches die Glasröhre c eingekittet iſt. An ihrem unteren Ende wird ſie durch das in das Holz eingelaſſene, bei m ſchräg aber nicht ſehr ſcharf zulaufende Stück Elfenbein bb geſteckt, ſo daß ſie etwa 1 bis 2 Lin. höher ſteht, als das Ende deſſelben, und gleichfalls feſt gekittet, nachdem ſie ausgekocht iſt. Man kehrt ſie dann um, gießt einige Tropfen Queckſilber ſo auf, daß das elfenbeinerne Stück gleichfalls voll iſt,

Digitized by Google

schraubt den unteren Theil des Gefäßes fest, und indem man die Schraube g mit der eisernen, stark überpolsterten Platte hh fest gegen die scharfen Kanten des Elfenbeins schraubt, ist das Quecksilber in der Röhre festgesperrt. Soll aber die Quecksilbersäule oscilliren, so darf man nur das Barometer umkehren, nach dem Herausziehen des Stöpsels bei d das Gefäß mit Quecksilber füllen, die Schraube g öffnen und die Beobachtung anstellen. Der Stöpsel d wird geöffnet, damit das überflüssige Quecksilber bis zur Herstellung des Niveaus ablaufe. Hierin liegt indeß ein auffallender Mangel der übrigens vortrefflichen Einrichtung, denn man darf offenbar das Barometer nicht oscilliren lassen, weil sonst zu viel Quecksilber ausläuft und überhaupt ist diese Art der Herstellung des Niveau's mühsam und wegen des auslaufenden Quecksilbers beschwerlich. Besser ist es daher, zur Beobachtung des Niveau's im Gefäße dieses nach Maigné von Glas zu machen. Indeß ist auch das von diesem angegebene Gefäß zu künstlich. Einfacher dagegen ist die Einrichtung, wenn das Quecksilber in der unten mattgeschliffenen Barometerröhre, nachdem man das Barometer umgekehrt hat, vermittelst des an einer Schraube beweglichen Polsters festgedrückt wird. Die Barometerröhre cd (Fig. 48.) wird nämlich in die Oeffnung der oberen Fassung pq des gläsernen Cylinders ab so eingekittet oder geleimt, daß sie genau bis in die Mitte desselben reicht, um bei jeder Lage des Barometers unter dem Niveau des Quecksilbers im Gefäße zu bleiben, welches dasselbe bis etwas über die Hälfte ausfüllt. Um dann zu jeder Zeit ohne Mühe das Gefäß öffnen zu können, wird ein hölzerner, mit einem ledernen Kranze belegter Deckel gg auf das untere mattgeschliffene Ende des Cylinders gepaßt, und vermittelst der in der Mitte durchbohrten Kapsel hh festgeschroben. In der hölzernen Scheibe ist die eiserne Schraube f mit dem Knopfe m beweglich, welche oben eine eiserne, lose aufgeniethete Platte ee und ein darüber befestigtes ledernes Polster trägt. Hat man das Barometer umgekehrt, und einige Male auf den Knopf m lose geklopft, damit etwaige Luftblasen entweichen, so wird das Polster fest gegen die Röhre geschroben und somit das Quecksilber in derselben gesperrt, wobei das Leder durch öfteren Gebrauch allmälig so von Quecksilber durchdrungen wird, daß auch beim längsten Transporte und bei heftiger Erschütterung keine Luft in die Röhre bringt, indem das Leder vermöge seiner Elasticität so viel nachgibt als die Ausdehnung des Quecksilbers durch Wärme beträgt, oder das Metall durch seine Poren entweichen läßt. Die hölzerne Platte gg darf übrigens nicht zu dünn sein, damit kein Quecksilber neben den Schraubengängen entweicht. Ein kleines elfenbeinenes, etwas kegelförmiges Stäbchen, welches durch die elfenbeinene Platte vom Quecksilber im Gefäße in die Höhe gehoben wird, dient dazu Luft in das Gefäß zu lassen, zugleich auch, um das Niveau des Quecksilbers im Gefäß durch eine kleine oben angebrachte Linie a' genau zu bezeichnen.

Ein sehr einfaches Gefäß ist dasjenige, welches der Mechanikus Loos früher seinen Barometern zu geben pflegte. (Fig. 49.) In einem gläsernen Cylinder ab wird das Quecksilber vermittelst eines mit Leder überzogenen und oben gepolsterten Korkes cc beim Verschließen so hoch ge-

Digitized by Google

schroben, daß das Gefäß ganz voll ist, beim Beobachten aber bis zu der bestimmten Höhe des Niveau's herabgelassen. Die Oeffnung der Röhre ist stets unter Queckſilber und es kann also keine Luft eindringen. Der Mechanismus ist der von Hamilton vorgeschlagene, mit dem Unterschiede, daß der Kork hier mit Leder überzogen und oben gepolstert, auch nicht für die Luft durchdringlich sein soll, wie jener unrichtig voraussetzte; auch erlaubt das gläserne Gefäß statt des elfenbeinenen den Rand des Queckſilbers in demselben zu beobachten.

Große Bequemlichkeit gewährt das von Englefield vorgeschlagene Barometer. Dasselbe ist in einen in drei Füße zerlegbaren Stock eingeschlossen, und wird, wenn dieser als Stativ aufgestellt ist, so aufgehangen, daß es durch sein eignes Gewicht die lothrechte Richtung annimmt. Das Gefäß besteht aus Buchsbaumholz, ist ganz verschlossen, und so voll Queckſilber, daß die Oeffnung der Röhre stets von demselben bedeckt bleibt und daher keine Luft in dieselbe dringen kann. Indeß erfüllt es den Zweck eines Reisebarometers nicht, indem das Queckſilber nicht fest gesperrt ist, und daher beim schnellen Umdrehen gegen das verschlossene Ende der Röhre schlagen und diese zerschellen kann, wogegen die Form eines Stockes und die hierdurch erzielte Bedingung, das Barometer stets umgekehrt zu tragen, keineswegs sichert. Außerdem aber schwebt die Barometerröhre zu sehr frei zwischen den beiden messingenen Stangen, und wird daher durch Erschütterung leicht zersplittert werden. — Auch die Gefäßbarometer hat man mittelst Guerickescher Hähne zu verschließen versucht. Zu erwähnen ist die in dieser Hinsicht von Loos (Mechanikus in Darmstadt) getroffene Vorkehrung. Bei den Gefäßbarometern desselben (Fig. 50.) geht die Röhre cc mitten durch das Gefäß, ist unter demselben sehr nahe zusammengebogen, und in die eiserne Fassung gg gekittet, deren Kanal, und somit das Queckſilber in der Röhre durch den Hahn h abgeschnitten wird. Auch dieser Hahn gewährt aus der verschlossenen Barometerröhre eine Communikation durch eine enge Röhre f in den hinter der Biegung angebrachten Behälter, aus einer messingenen, mit Federharz überzogenen Kapsel bestehend, wie bei seinem Heberbarometer. Aus der Fassung geht die Röhre aufwärts wieder in das Gefäß, wird hier dünner, läuft unter dem Kitt des Gefäßes hin, und mündet an der gegenüberliegenden Seite des Gefäßes im Queckſilber desselben. Die kleine messingene Schraube m dient dazu, das Queckſilber, wenn es etwa beschmutzt ist, aus dem Gefäße zu nehmen und zu reinigen, oder auch nach Befinden etwas zuzugießen, oder aus dem Gefäße wegzunehmen, der äußeren Luft aber wird der erforderliche Zutritt neben dem Korke n gegeben, vermittelst dessen die Barometerröhre in die obere Fassung des Gefäßes bloß eingeklemmt ist. Auf die Schraube pp wird eine messingene Kapsel geschroben, um den unteren Theil des Rohres und den Hahn gegen Verletzung zu schützen.

Horner beschreibt ein genaues, bequemes und mit Sicherheit zu gebrauchendes Barometer (Fig. 51.), dessen Haupttheile in der Zeichnung in etwa 0,6 ihrer natürlichen Größe dargestellt sind. Die Röhre des Baro-

Digitized by Google

meters steckt der Sicherheit wegen in einem hohlen, messingenen mit dickem Leder ausgefüllten Cylinder, dessen oberes Ende AB von 14 bis 29 Z. Höhe vorn und hinten durchschnitten ist, um durch diese 1,5 Lin. weite Oeffnung den Stand des Queckſilbers zu beobachten. Dieses geschieht, indem man die Höhe cdef, welche den Vernier trägt, dergestalt schiebt, daß ihr unterer Rand ef eine Tangente der Wölbung des Queckſilbers bildet. Zu dem Ende erhält sie eine mikrometrische Bewegung durch die Ringschraube gh, welche durch Reibung an der Messingröhre festsitzt. Der Nullpunkt des Vernier ist des besseren Ablesens wegen um ein bis zwei Linien über den unteren Rand der Hülse hinaufgesetzt, welche Differenz bei der Anordnung der Barometerscale berücksichtigt werden muß.

Das Deckelstück bei A ist mit drei kleinen Schrauben festgeschraubt, um den drehbaren Ring L, an welchen innen eine Platte mit einer Schraubenmutter festgemacht ist, aufzunehmen. Kleine Schrauben am Vernier sowohl als auch in der Hülse gh halten von Innen einen Messingstreifen fest, welcher das Drehen des Verniers und des oberen Theiles der Hülse verhindert. Die Vernierhülse ist bei df offen, damit man die Theilung auf der Messingröhre ablesen kann. Das Gefäß besteht aus einer stählernen Scheibe aa mit einem Halse, in welchem die Barometerröhre bb eingekittet ist. Auf diese Scheibe ist der gläserne Cylinder gggg′ aufgeschliffen, so daß er ohne Verkittung höchstens mit einer dünnen Unterlage von geöltem Postpapier (oder zur Vermeidung einer Beschmutzung des Queckſilbers durch Fett eines feinen ledernen Ringes) luftdicht angepreßt werden kann. Letzteres wird durch den dünnen messingenen Cylinder hhh′h′ bewerkstelligt, welcher sich bei c und d in das Bodenstück mncdef einschraubt und unten vermittelst des angelötheten Ringes hh′ den Glascylinder gegen die Fläche aa hindrückt. Der Messingcylinder hat auf zwei entgegengesetzten Seiten eine länglichte Oeffnung, welche in der Zeichnung durch punktirte Linien angedeutet ist.

Unten schraubt sich in denselben der Deckel pp ein, durch dessen Mitte die Schraube qq von vierfachem Gange und starker Steigung geht. Sie tritt in das äußere Bodenstück ll des Stöpsels ein, dreht sich in demselben frei um, und wird durch Vernietung oder durch ein festgeschraubtes Mütterchen r festgehalten. Ueber den eisernen Cylinder ii mit breitem ansteigenden Rande ist ein starkes Leder oder Pergament oo gespannt und unter dem Rande festgebunden, kk ist ein hohler mit einer Feile genau abgerundeter Kork, welcher sich sehr gedrängt in dem Glascylinder bewegen läßt. Man schlägt dann ein Stück Taffent über die Haut oo, zieht die Falten über den Kork kk und schiebt sie mit einer Messerspitze zwischen den Kork und den Cylinder ii; dann wird der Boden U nebst der daran befindlichen Schraube qq in den eisernen Cylinder ii eingeschraubt, welcher den unteren Theil des Korkes und den Taffent bedeckt. Durch den Ueberzug von Taffent wird die Reibung des Korkes am Glase bedeutend verringert. Die stählerne Platte aa ist nahe am Rande von unten her konisch durchbohrt, der

Digitized by Google

Oeffnung entspricht eine andere im Deckel cd, ein stählernes, in der Mitte vierkantiges, Kölbchen v geht durch dieselbe, wird oben durch das Schräubchen u angezogen, und dient als Ventil, um die Luft zuzulassen. Bei mn wird die messingene Barometerhülse mit dem Gefäße durch eine Schraube verbunden. Nicht weit von dieser Stelle ist sie so weit aufgeschnitten, als nöthig ist, um das feste Thermometer dergestalt aufzunehmen, daß es die Barometerröhre beinahe berührt. Eine halbcylindrische Schale von Messing schützt dasselbe gegen Beschädigung und hindert zugleich die Mittheilung der äußeren Temperatur. Das ganze Barometer wird in einen hohlen Stock geschoben, in welchem das Gefäß bei cd genau eingepaßt ist, der Stock wird in ein ledernes Futteral gesteckt, welches auch das Thermometer für die freie Luftwärme aufnimmt und vermittelst eines Riemens über die Schulter gehangen werden kann.

Will man mit diesem Barometer beobachten, so nimmt man dasselbe aus dem Stocke, luftet ein wenig den Stöpsel vermittelst der Schraube qq, hängt dasselbe in schräger Richtung auf, bringt es allmälig in die verticale Richtung, schraubt den Stöpsel so weit zurück, bis das Queckſilber im Gefäße unterhalb des Ringes ef zum Vorschein kommt, öffnet das Ventil v, und beginnt die Beobachtung damit, daß man den Stöpsel so weit hinaufschraubt, bis beim Durchsehen durch das Gefäß zwischen dem Queckſilber und dem Rande ef nur eine feine Lichtlinie bleibt, wobei man zuweilen mit dem Finger das Barometer erschüttern muß. Hierauf verschiebt man die Hülse gh, stellt vermittelst des drehbaren Ringes die untere Kante des Verniers als Tangente über die Convexität der Queckſilbersäule und lieſet die Scale ab. Beim Verschließen zieht man zuerst vermittelst der Schraube u das Ventil v an, neigt das Barometer, schraubt unterdeß den Stöpsel aufwärts und sperrt mit demselben, nachdem das Barometer abgenommen und umgekehrt ist, das Queckſilber so, daß es nicht in Bewegung gerathen kann. Die Zusammenziehung des Queckſilbers durch Kälte oder die Ausdehnung desſelben durch Wärme compenſirt die elaſtiſche Decke oo und sollte im letzteren Falle etwas Queckſilber durch diese dringen, so sammelt es sich auf der eisernen Platte ll und kann hier nach Herausnahme des Stöpsels weggenommen werden; auch würde im Falle einer gänzlichen Anfüllung des Cylinders ii mit Queckſilber die Röhre durch die Ausdehnung des Queckſilbers nicht zerſpringe, sondern eher etwas Queckſilber neben dem Stöpsel durchgepreßt werden. In dem Gefäße muß stets so viel Queckſilber vorhanden sein, daß die Trommel ll 1 bis 2 Lin. unter dem Ende der Röhre b bleibt. Das ganze Barometer wiegt seiner vielen Theile ungeachtet mit Futteral nur 2,5 Pfd. und erfüllt, obwohl etwas complicirt, alle Anforderungen an ein gutes Reiſebarometer.

Beſonders geſchätzt, wenn auch wegen ihres hohen Preiſes (über 200 Fr.) ſelten, ſind die Fortin'ſchen Barometer (Fig. 52.). Sie ſtimmen in den meiſten Stücken mit dem Barometer von Horner überein. Wie das Englefield'ſche hat Fortin's Barometer ein

Digitized by Google

Stativ, es sind aber als Verbesserung die feinen in das Holz der Füße niederzulegenden Drähte ooo zu Sicherung des Standes angebracht. Vortheilhaft ist ferner der obere Ring bb, welcher an zwei horizontalen Spitzen drehbar ist, und indem das Barometer dann in denselben vermittelst der Schrauben ss, welche gegen jene Spitzen senkrecht gerichtet sind, festgeschroben wird, so kann dasselbe frei schwanken, und erhält durch das Uebergewicht des Queckſilbers im Gefäße allezeit die lothrechte Richtung. Das Barometer kann nach Erfordern in der Mitte seiner Länge, wie die Figur zeigt, oder höher in dd, oder ganz oben in cc aufgehangen werden, auch läßt sich dasselbe an die Schlinge g über einen Haken hängen. Oben bei cc ist außerdem eine aufgeschrobene horizontale Platte mit drei vorragenden Spitzen, welche verhindern, daß das Barometer nicht durch den Ring bb fallen kann, vielmehr wird es auf den Spitzen ruhen, und bei der Handhabung dem Beobachter verstatten, es auf denselben vorläufig aufzuhängen, wenn etwa die Schrauben ss nicht zur Hand sind, oder wenn man das Barometer von unten heraufgeschoben hat, und es an der Schlinge g anfassen will, um es höher zu heben. Der Ring bb ist dann aber an drei Stellen eingeschnitten, um die hervorragenden Spitzen beim Herausnehmen des Barometers durchzulassen. Beim Zusammenlegen paßt das Gefäß genau in die mit Tuch ausgefütterten Vertiefungen mmm der Stativfüße, und der ganze Apparat bildet dann einen dicken Cylinder, welcher in einen ledernen Sack geschoben und so transportirt wird. Indem das Gewicht durch Zugabe des Stativs keine sehr große Vermehrung erhält, so läßt sich nicht in die Abrede stellen, daß durch dasselbe sehr für Bequemlichkeit gesorgt ist. Ein Nachtheil bei diesem Barometer ist übrigens, daß die Barometerröhre in der messingenen Röhre, welche genau nach der bei dem Hornerschen Barometer beschriebenen Art verfertigt ist, nur an drei Punkten vermittelst etwas Kork anliegt, und daher durch Erschütterung leicht zersplittern kann. Wesentlich verschieden von dem Hornerschen, demselben aber weit nachstehend, ist das Fortinsche Gefäß. Dasselbe besteht nämlich (Fig. 53.) aus dem gläsernen Cylinder aa, welcher zwischen die beiden messingenen, mit dünnem Holze gefütterten Fassungen bb, cc vermittelst dreier Drähte bc festgeschroben ist. Die untere ist mit dem messingenen, inwendig gleichfalls mit Holz gefütterten, Cylinder a′b′, a′b′ verbunden, über dessen männliche Schraube a′a′ die Kapsel mmmm, mit der grobgewindigen Schraube h versehen, geschroben wird. Inwendig in dem messingenen, mit Holz gefütterten hohlen Cylinder befindet sich der Sack dd von weißem Leder, welcher bei cc über den Rand des hohlen buxbaumenen Cylinders geschlagen, und mit einem Seidenfaden ganz festgebunden ist.

Dieser lederne Sack trägt inwendig ein ausgehöhltes Stück Buxbaumholz g, in dessen Vertiefung der Knopf p der Schraube h paßt. Soll das Barometer transportirt werden, so dreht man es um, wodurch sich die Röhre ganz mit Queckſilber füllt, und schraubt dann dieses vermittelst der Schraube h und des ledernen Sackes so fest, daß das ganze Gefäß damit angefüllt ist. Die Elasticität des Leders gibt so viel nach, als die Ausdehnung des Queckſilbers durch Wärme er-

fordert. Beim Beobachten dagegen hängt man das Barometer gehörig auf, schraubt die Schraube h so weit herab, bis das Niveau des herabsinkenden Queckſilbers die Spitze des elfenbeinenen Stiftes p' berührt, welcher als Anfangspunkt zum Meſſen der Länge der Queckſilberſäule dient. Ein beſonderer Zugang für die äußere Luft iſt nicht angebracht, indem die einzelnen Theile des Gefäßes nicht abſolut feſt ſchließen, ſo daß dieſe genügend eindringen kann.

Romershauſen theilt zugleich mit ſeinem S. 150. beſchriebenen Apparate zu Auskochung der Barometerröhren eine umſtändliche Beſchreibung ſeines Spiegelbarometers mit, welche wir vollſtändig mittheilen, weil ſie namentlich denen, welche entfernt von einer tüchtigen mechaniſchen Werkſtatt wohnen, Anleitung gibt, ſich ein Inſtrument ſelbſt anzufertigen, welches wenigſtens die gewöhnlichen Barometer an Genauigkeit übertrifft.

Fig. 54. iſt c der lange und b der kurze Schenkel dieſes Barometers, t das die Queckſilbertemperatur anzeigende Thermometer, und a ein kleiner, mit einem Kolben verſehener Stiefel von Glas. Alle dieſe Röhren ſind durch ein Parallelepipedon von einem recht dichten und harten Holze M in Verbindung geſetzt. Zu dem Ende wird letzteres mit folgenden Bohröffnungen verſehen. 1) Die horizontale bis zu g hindurch laufende Oeffnung c, welche die Communication der Röhren u. ſ. w. bezweckt. 2) Die ſenkrecht auf vorige treffenden Oeffnungen, m für den kurzen Schenkel, p für den langen Schenkel, uud die weitere g für das in das Queckſilber verſenkte Thermometer. 3) Die Oeffnung a für den Glas-Stiefel, welcher zugleich als Queckſilberbehälter dient. Man bohrt dieſe Oeffnungen am beſten auf der Drehbank vermittelſt eines ſogenannten, dem Durchmeſſer der Röhren um etwas überſteigenden Centrumbohrers, wodurch ſie ſowohl recht glatt, als vollkommen auf einander treffend erhalten werden. Das Innere dieſer Höhlungen tränkt und überzieht man alsdann mit einer ſtarken, klaren Fiſchleimauflöſung, wodurch dieſelben ſowohl an Dichtigkeit, als an glasartiger Glätte gewinnen.

Zu dem Stiefel a wählt man ein etwa 4 bis 5 Linien im Durchmeſſer haltendes und $2\frac{1}{2}$ Zoll langes vollkommen cylindriſches Stückchen einer ſtarken Glasröhre, deren Ränder man ſauber abſchleift und unterhalb etwas Weniges an der Lampe erweitert und glättet. Am äußern Umfange wird das Glas hingegen mit einer ſcharfen Feile geritzt und rauh gemacht und mit einigen Lagen feinen Papiers oder dünner Kalbsblaſe vermittelſt guten Fiſchleims dicht überzogen. Wann dieſer Ueberzug völlig trocken iſt, ſo bearbeitet man ihn mit der Feile ſo weit, daß die Röhre genau ſchließend in ihre Holzöffnung einpaßt, woſelbſt ſie alsdann mit einem neuen Leimanſtrich ſorgfältig eingefügt wird.

Der für dieſen Stiefel beſtimmte Kolben a beſteht aus einem Stückchen recht feinem, dichtem und elaſtiſchem Kork. Es wird durchbohrt und zwiſchen zwei an dem Schraubenſtift d angebrachten eiſernen Scheibchen bei a feſtgeſchraubt, mit einem Meſſer ziemlich rund zugeſchnitten und auf der Drehbank völlig paſſend abgedrehet. Man erlangt

dieses am leichtesten durch ein recht scharfes Rasirmesser, indem man die Schneide desselben fast senkrecht auf die Drehungsfläche ansetzt. Auf diese Weise erhält man den Kolben vollkommen glatt und rund; die Anwendung der Feile muß hingegen vermieden werden, da sie den Umfang faserig und nie ganz glatt darstellen kann. Der Kolben muß sich in der Röhre etwas pressen und vollkommen dicht schließen; da die Bewegung desselben vermittelst einer Schraubenvorrichtung bewirkt wird, so hat sie auch bei dem dichtesten Schluß keine Schwierigkeit. Die Kolbenstange ist unterhalb des Kolbens, so weit als die Linie ihrer Bewegung reicht, vierkantig gearbeitet und läuft daselbst in der gleichförmigen Oeffnung des an dem unten vorstehenden Brete befestigten Messingstücks r, welches zugleich den Stiefel verschließt und bewirkt, daß sich der Kolben nicht drehen, sondern nur auf und nieder steigen kann. Weiter nach unten bildet alsdann die Kolbenstange eine Schraube, welche durch die unter dem Brete frei hervorragende Fingerschraube bewegt wird, indem diese sich in einem Falze drehet und so den Kolben auf- und niederziehet. Alle mit dem Queckſilber in Berührung kommende Metalltheile müssen von Eisen oder Stahl gefertigt werden; sie werden gut polirt und gegen das Rosten mit dem Anstriche eines zarten Bernsteinfirnisses versehen. Ist die Vorrichtung so weit vorbereitet, so wird das in Hinsicht seiner Scale bereits vollkommen berichtigte Thermometer bei g eingesetzt. Die Röhre wird zu dem Ende zunächst über der Kugel ganz wie der Glasstiefel behandelt, mit einem Streifen Blase versehen und in einen Kork recht fest verleimt. Der Kork wird für die ihm bestimmte Oeffnung rund und passend zugeschnitten, so daß sein Durchmesser den der Kugel um etwas überschreitet, damit die Kugel ohne anzustoßen allenthalben vom Queckſilber des Barometers umgeben ist. Mit dieser Vorsicht setzt man nun den Kork mit Leim in seine Oeffnung ein und verschließt alsdann auch die Bohröffnung c des Holzstücks M entweder mit einer passenden Holzschraube, oder einem Kork, welche man einleimt.

Wir wenden uns nun zur Anfertigung der Barometerröhren b und e. Man wählt beide etwa von einem innern Durchmesser von $1\frac{1}{2}$ Linie. Es ist indessen nicht unumgänglich nothwendig, daß beide von völlig gleichem Durchmesser sind — wenn dieses Verhältniß nur nicht auffallend abweicht. 1) Der lange Schenkel ep. Man nimmt dazu eine reine, wenn auch nicht gleich weite oder vollkommen cylindrische Glasröhre von 35 Zoll Länge. Sie wird an dem Ende p, wo sie in das Holz geleimt werden soll, glatt geschmolzen, und wie die übrigen Röhren mit Blase überzogen, welche mit der Feile für ihre Oeffnung vollkommen passend gemacht wird. Alsdann wird sie gut gereinigt und am Ende e halbkugelförmig zugeschmolzen; es ist wichtig, daß dieser Verschluß nie kegelförmig geformt sei, und dagegen vorzuziehen, daß die Halbkugelform unmerklich über den Durchmesser der Röhre hervortritt. Die Röhre wird nun vermittelst eines Bindfadens am Kochapparate Fig. 37. bei r aufgehängt, erhitzt und mit reinem, gleichförmig erhitzten und wohlgetrockneten Queckſilber durch einen feinen Papiertrichter gefüllt — und alsdann nach obiger Anleitung aufs vollkommenste aus-

Digitized by Google

gekocht. 2) Der kleine Schenkel b m. Man wählt dazu ein recht klares und vollkommen cylindrisches Röhrstückchen, welches auch keine Schwierigkeit hat, da es nur etwa 8 Zoll lang zu sein braucht. Es muß zu dem Ende aufs sorgfältigste calibrirt werden. Es wird nun am untern Ende m glatt geschmolzen und oben bei b mit einem etwas erweiterten Rande versehen. Unten bei m wird diese Röhre ganz wie die übrigen behandelt, mit Blase umklebt und recht fest in die Bohröffnung eingeleimt. Um nun auch den ausgekochten langen Schenkel bei p einzuleimen, kehrt man M so herum, daß b und t nach unten kommen und die Oeffnung r des Stiefels nach oben stehet. Das Instrument bleibt in dieser Lage hängen, bis alles vollkommen trocken geworden ist, alsdann schreitet man zur vollendeten Füllung desselben. Zu diesem Zwecke schraubt man das Parallelepipedon M an das bereits vorgerichtete Barometerbret, wo dasselbe bis an die Röhren eingelassen ist, und befestigt die Röhren einstweilen nur oberflächlich mit einem Faden am Brete, um sie vor Zerbrechung zu schützen. Man schiebt jetzt in den kleinen Schenkel b einen an einem Eisendraht befestigten Stöpsel bis an seine Mündung m hinauf, damit diese Röhre ganz verschlossen ist. Nun gießt man von von oben durch den offenen Stiefel a so viel reines und trockenes Quecksilber ein, daß derselbe etwa bis zu $\frac{2}{3}$ seiner Länge angefüllt ist, wobei man durch Erschütterung und vermittelst eines Drahtes alle Luft aus der innern Höhlung auszutreiben sucht. Alsdann drückt man den Kolben nur so tief in den Stiefel a, daß derselbe dadurch geschlossen ist, und neigt nun die Vorrichtung nach gerade zur Seite, so daß das Bret horizontal liegt und die schmale Kante n nach unten gekehrt ist. Bei dieser Lage steigt die zwischen dem Kolben und Quecksilber im Stiefel eingeschlossene Luft in den Raum unter c hinauf, welches man durch einige Erschütterung leicht vollständig bewirkt. Wenn man jetzt den Stöpsel aus dem kleinen Schenkel b ausziehet, das Barometerbret bei seinem Obertheil e etwas hebt und zugleich den Kolben tiefer in den Stiefel einschiebt, so treibt das in m b aufsteigende Quecksilber den unter c befindlichen Rest der Luft vor sich her. Hat das Quecksilber auf diese Weise im kleinen Schenkel die Länge der Scale überschritten, so kann man das Barometer ohne Sorge aufhängen, und die Füllung ist vollendet. Man befestigt nun die Vorrichtungen d und r und die Röhren selbst mit gefütterten Messinghülsen am Brete, auch fügt man sogleich die Barometer- und Thermometer-Scalen hinzu. Die richtige Stellung der letztern geschiehet nach den zuvor an der Thermometerröhre gemachten Merkzeichen, die Berichtigung der erstern aber wird auf folgende Art bewirkt.

Hat man ein anderes gutes Heberbarometer zur Hand, so schraubt man den Kolben vermittelst der Fingerschraube d so weit herab, daß das Quecksilber in dem kleinen Schenkel b auf der Scale einen gleichen Stand mit dem Heberbarometer angibt. Bei diesem Verfahren wird nun auch die Quecksilbersäule im langen Schenkel e bis zu einem gewissen Punkte w herabsinken, welches für die Folge der Normalpunkt des feststehenden Niveau ist. Man bezeichnet denselben einstweilen nur dadurch, daß man hier ein, mit einem feinen Querstrich versehenes,

Digitized by Google

Kartenpapier unter die Röhre schiebt und läßt die Vorrichtung so einige Tage ruhen, während man den fernern Gang beobachtet und vergleicht. Dieses erfordert, wegen einiger Senkung des Queckſilbers u. ſ. w., die folgende genaue Berichtigung des Niveau. Zu dem Ende trägt man auf eine mit dem langen Schenkel genau parallel aufwärts gezogene Linie, vermittelſt eines ſichern Zirkels, aus dem Theilpunkte 28″ der Scale ſorgfältig 28 Par. Zolle aufwärts, und zieht durch den Endpunkt dieſer Linie eine darauf ſenkrechte quer über das Bret, welche nun die normale Lage für das Niveau bezeichnet. S iſt ein kleiner Metallſpiegel von der Höhe eines Zolles, welcher auf eine Meſſingplatte verlöthet und zur Seite der Röhre c, in einer Neigung von 45 Grad, gegen die Niveaulinie, und zwar ſo feſtgeſchraubt wird, daß ſeine Fläche ſowohl ſenkrecht auf dem Brete ſtehet, als daß auch die Niveaulinie ſeine Mitte trifft. An dem Punkte, wo dieſe Linie den Spiegel berührt, wird alsdann auf der Spiegelfläche eine ſehr feine Linie aufwärts und ſenkrecht auf dem Brete ſtehend eingeriſſen.

Das Niveau w n beſteht aus einem ſaubern Silber- oder Elfenbeinblättchen, auf deſſen Mitte eine feine ſchwarze Linie bezeichnet iſt, die ſich, wie ſchon bemerkt, an die Linie der Spiegelfläche genau anſchließt. Die Form dieſes Niveaublättchens leuchtet aus der Zeichnung ein; es wird nach vollkommener Berichtigung mit der auf dem Brete bemerkten Linie unverrückbar angeſchraubt. Das Barometer würde nun in ſeiner einfachſten Geſtalt vollendet ſein, wenn man ihm nicht noch einige paſſende Verzierungen geben will; ſo kann man z. B. dem unterhalb M vorſtehenden Theil des Bretes bei r, welcher den Mechanismus der Kolbenbewegung enthält, in gleicher Höhe mit M verdecken, wodurch zugleich das Eindringen von Staub in den Stiefel a verhütet wird u. ſ. w. Die Scale des Barometers hat aus oben angegebenen Gründen eine der gewöhnlichen entgegengeſetzte Sprache. Sie iſt in Zwölftheile der Linie getheilt, welche man bei dem Gebrauch einer Loupe noch halbiren kann. Wer indeſſen andern künſtlichen Vorrichtungen zu genauerer Maßbeſtimmung mehr Vertrauen ſchenkt, kann dieſelben leicht mit der Scale in Verbindung ſetzen. Ich meſſe ohne dieſelben ſchneller und ſicherer, indem ich den Stand der Queckſilberſäule nicht nach der obern Wölbung derſelben, ſondern nach ihrer Baſis beſtimme, welche bei einer gut gewählten Röhre und richtiger Beleuchtung durch einen ſcharfen Schatten in derſelben nicht allein den Horizontalſtand des Auges berichtigt, ſondern auch den genaueſten Schnitt erlaubt.

Das zu beobachtende Spiegelbarometer wird ſo aufgehängt, daß ſich die Scale in der Augenhöhe des Beobachtenden befindet und die vordere Spiegelfläche dem Lichte zugekehrt iſt. Bei der Beobachtung faßt man die Schraube d und ſiehet aufwärts in den Spiegel S, wo man die Queckſilberſäule aufs ſchärfſte durch den reflectirten Niveauſtrich geſchnitten erblickt, indem das Bild derſelben in der Richtung x herab und zugleich in einen Winkel von 45 Grad vor das Bret reflectirt wird. Man richtet dabei das Auge ſo ein, daß das reflectirte Niveau die zarte Linie im Spiegel deckt, wodurch jeder Fehler in der

Digitized by Google

Visirlinie unmöglich wird. Durch Bewegung der Schraube d hebt oder senkt sich nun die Queckſilberſäule, man kann ſie daher, wegen der Länge der Richtungslinie auf einen Blick, aufs ſchärfſte und genaueſte in das Niveau einrichten. Nun lieſt man den Stand des Barometers auf der dem Auge gegenüberliegenden Scale ab. Die Leichtigkeit, Bequemlichkeit und Sicherheit dieſer Beobachtungsweiſe wird ſich gewiß allgemeinen Beifall erwerben. Die in Fig. 55. nach einem größern Maßſtabe beſonders dargeſtellte Vorrichtung ſchützt endlich das Barometer bei dem Transporte gegen Beſchädigung. b iſt ein Stück des kleinen Schenkels bm (Fig. 54.) und ha eine gewöhnliche feine Thermometerröhre von zureichender Glasſtärke. Bei K wird eine ſtarke Kugel angeblaſen, welche oberhalb nach a zu in eine feine Spitze ausgezogen wird. Die untere Mündung n wird etwas erweitert und auf bekannte Weiſe mit Blaſe überzogen und in ein Stückchen Kork eingeleimt, welches, wie die Figur zeigt, in einen in die Schenkelröhre genau paſſenden Kolben verwandelt wird. Die untere etwas ausgehöhlte Fläche dieſes kleinen Kolbens überzieht man mit einer Lage Fiſchleim, um ſie völlig glatt herzuſtellen. Bei engern Röhren kann man ſich auch anſtatt des Korks eines ſtarken elaſtiſchen Lederſtückchens bedienen. Der Gebrauch dieſer Vorrichtung iſt nun folgender: Wenn das Barometer transportirt werden ſoll, ſo ſchraubt man den Kolben a (Fig. 54.) ſo weit nach oben, daß das Queckſilber im langen Schenkel oben bei o dicht anſchließt und im kurzen über die Scale hinaufſteigt; alsdann drückt man den kleinen Kolben n, wie Fig. 55. deutlich macht, dicht auf das Queckſilber herab; die zwiſchen beiden befindliche Luft entweicht dabei völlig durch die Röhre na und das Queckſilber ſteigt bis in die Kugel K hinauf. Auf dieſe Weiſe iſt nun, wegen des Gegendrucks dieſer Queckſilberſäule in nK, das Barometer vollkommen gegen das Eindringen von Luft geſichert. Dehnt die Wärme das Queckſilber des Barometers aus, ſo ſteigt es in die Kugel K hinauf, zieht es hingegen die Kälte zuſammen, ſo ſinkt es aus der Kugel nach. Das Schwanken der Queckſilberſäule iſt durch die Feinheit der Röhre verhindert. Nachdem das Barometer an Ort und Stelle aufgehängt iſt, zieht man die kleine Kolbenröhre wieder etwas in die Höhe, wobei der Luftdruck ſämmtliches Queckſilber wieder in b herabtreibt, und die Luft alsdann nachfolgt. Jetzt ſchraubt man den langen Schenkel auf das Niveau, und es kann nun die Beobachtung geſchehen. Dieſe kleine Vorrichtung nka bleibt zum Schutz gegen Staub ꝛc. mit dem Barometer verbunden; ſie wird zu dem Ende über b (Fig. 54.) in der Richtung der Linie x mit belederten Meſſinghülſen befeſtigt, worin ſie ſich ſtetig und ſicher auf und nieder ſchieben läßt.

Wer das hier beſchriebene Spiegelbarometer ganz von Glas und ohne Holzfaſſung anfertigen will, findet in Fig. 56. und 57. einige zweckmäßige und leicht ausführbare Formen. Dieſe Einrichtung hat mehrere Vorzüge und iſt jedem in der Glasblaſekunſt Geübten von ſelbſt verſtändlich.“

Das Inſtrument hat übrigens allerdings einige bedeutende Uebel-

Digitized by Google

stände, namentlich die Einrichtung der Scale, welche zugleich aus Holz und Metall besteht, den Umstand, daß auf dieses Barometer nur der Stand eines anderen, als richtig angenommen, übertragen wird. Auch ist es gegen die allgemeine und richtigere Annahme, daß Romershausen die Queckſilberfläche von da abmißt, wo ſie die Glaswand berührt, und nicht vom höchſten Punkte ihrer Wölbung, da grade die mittleren Theile der Queckſilberſäule ungehinderter durch die Haarröhrchenanziehung des Glaſes ihren Stand gemäß dem Drucke der Atmoſphäre annehmen können.

Von beſonderem Vortheil iſt der Barometer zur See, indem er hier ſicherer als Wetterverkündiger zu brauchen iſt, als auf dem feſten Lande, wo Gebirge, Wälder, Sümpfe u. ſ. w. ihren Einfluß äußern. Wegen der fortdauernden Bewegung, in welcher ſich ein Schiff befindet, iſt es indeſſen ſchwer, den Barometer vor dem Zerſchelltwerden durch das anſchlagende Queckſilber zu ſchützen. Ehemals bedienten ſich die franzöſiſchen Schiffe des von Blondeau vorgeſchlagenen eiſernen Barometers (Fig. 58.), welches, auch zum Transporte eingerichtet, nach Deluc's Art verſchloſſen werden kann. Wo der längere Schenkel bb in das Verbindungsſtück eingeſchroben wird, da iſt die Oeffnung b beträchtlich verengert, um die Schwankungen zu vermindern und das Eindringen der Luft bei der Zuſammenſetzung zu vermeiden. Der Hahn g iſt ſehr enge durchbohrt, und kann außerdem nach Gefallen weniger geöffnet werden, um die Schwankungen möglichſt zu vermindern. Gegen den Einfluß der Ausdehnung des Queckſilbers durch Wärme iſt der Fortſatz des Verbindungsſtückes cd mit einer Blaſe überbunden, gegen welche vermittelſt der Feder ef ein Polſter gedrückt wird. Wegen der Undurchſichtigkeit beider Schenkel dieſes Barometers kann man den Stand des Queckſilbers nicht unmittelbar beobachten; deswegen iſt auf das Queckſilber im kürzeren Schenkel ein Schwimmer von Elfenbein gebracht; von dieſem aus geht ein eiſerner Draht durch die enge Oeffnung bei i und gibt mit dem Knöpfchen k den Barometerſtand an.

Seit Cook iſt allgemein in Gebrauch ein nach Nairne (ſiehe S. 159.) eingerichtetes Seebarometer, welches nach allen Richtungen frei beweglich aufgehangen wird. (Fig. 59.) Das Ganze iſt ein Gefäßbarometer mit einem hölzernen Gefäße, unten mit einem ledernen Beutel und einer Schraube nach Ramsden verſehen, um das Niveau damit zu berichtigen, die Röhre in einen hölzernen Cylinder eingeſchloſſen, welcher gegen Beſchädigungen ſchützt. Die Luft erhält den Zugang nur durch die Poren des hölzernen Gefäßes, wodurch zugleich der Verſchüttung des Queckſilbers vorgebeugt iſt. Von der Glasröhre haben nur die oberen 6 Zolle die Weite eines gewöhnlichen Barometers, der übrige Theil aber iſt nur etwa 0,5 Lin. im Lichten weit, ſo daß das Queckſilber bei den Schwankungen des Schiffes mit großer Schnelligkeit und mit Ueberwindung einer bedeutenden Adhäſion den engen Kanal durchlaufen muß, um in der weiten Röhre zu ſteigen oder zu fallen, wodurch ſeine Oscillationen bedeutend geſchwächt werden. Von der Röhre ſelbſt ſind nur wenige Zoll ſichtbar, da mit Ausnahme

Digitized by Google

höchst seltener Fälle der Barometerstand auf der See sich wenig ändert und selten unter 26 Zoll sinkt. Die Scale ist in kleine Theile getheilt und wurde bei diesem Barometer am besten auf die Röhre selbst geätzt, da sich kein Nonius anbringen läßt. Das Barometer wird in gehöriger Entfernung von der Wand etwas über seinem Schwerpunkte zwischen zwei Ringen frei schwebend aufgehangen, und zugleich ist sein oberes Ende mit einem soliden messingenen Knopfe versehen, wodurch dasselbe die Eigenschaft eines langen Pendels erhält, und den bedeutenden Schleuderungen des Schiffes ohnerachtet keine gleichzeitigen und gleichmäßigen Bewegungen mit demselben annimmt. Von Zeit zu Zeit tritt ein Stillstand ein, während dessen man die Beobachtung anstellen kann; sonst nimmt man aus den während der Oscillationen gemachten Beobachtungen das Mittel. Die Oscillationen betragen übrigens selten über einen halben Zoll.

Man hat zu Bestimmung des Druckes der Atmosphäre auch Instrumente vorgeschlagen, welche nicht nach Art des Torricelli'schen Barometers eingerichtet sind. So hat Hooke vorgeschlagen ein an beiden Seiten verschlossenes Luftthermometer und ein an einer Seite offenes neben einander zu stellen. Da das auf beiden Seiten verschlossene nur durch die Temperatur der Luft bestimmt wird, das andere aber auch durch den Druck derselben, so ersieht man aus dem Unterschiede beider Instrumente den Druck der Luft. Halley hat mit diesem Instrumente auf einer Seereise Beobachtungen angestellt, und erklärt es für eine der wichtigsten Erfindungen zum Nutzen der Schifffahrtskunde.

Besondere Berücksichtigung verdient das von Prechtl vorgeschlagene Instrument. Dasselbe ist zunächst für Höhenmessungen bestimmt und besteht (Fig. 60.) aus einem gläsernen Cylinder bc mit einem in demselben befindlichen Thermometer im, dessen Scale 30° R. über und 10° unter 0 umfaßt, und bis 0,0125 eines Grades vermittelst einer Loupe abgelesen werden kann. Der gläserne Cylinder ist in c verschlossen, läuft aber bei i in die etwa 0,1 Zoll weite Röhre oqpxa aus, welche bei a mit einem Hahne verschlossen werden kann, das ganze ist auf ein horizontal zu stellendes Bret befestigt. Die trockene Luft im Cylinder ist durch die Quecksilbersäule qp gesperrt, und die Ausdehnung der ersteren, als gemeinschaftliche Wirkung der Wärme und des äußeren Luftdruckes wird an der auf die Röhre selbst aufgetragenen genauen Scale gemessen. Zieht man also die durch Veränderung der Temperatur erzeugte Wirkung von der ganzen beobachteten Größe ab, so bleibt derjenige Theil übrig, welcher dem veränderten äußeren Drucke zugehört, und wonach sich also die Höhe bestimmen läßt. Prechtl hat zugleich Formeln für diese Berechnungen nebst einer genauen Anweisung zu Verfertigung des Apparates angegeben (in Jahrb. des k. k. polytechn. Institutes in Wien. Wien, 1823. V. 284.). Es hat dieses Instrument die Vorzüge, daß es leichter transportirt werden kann und eine längere Scale hat, als ein gewöhnliches Barometer.

Ein anderes Instrument hat Caswell vorgeschlagen (Fig. 61.).

Digitized by Google

In einem kubischen Gefäße ABCD mit Wasser schwimmt ein hohles cylindrisches Gefäß msoyzetx, welches aus dem hohlen Körper mstx und der Röhre oyze besteht, und aus Zinn oder Glas verfertigt ist. Am unteren Theile der Röhre ist ein Bleigewicht angebracht, welches den hohlen Körper in das Wasser niederzieht, so daß das obere Ende mittelst einiger aufgelegter Gewichte mit dem Niveau des Wassers in gleiche Höhe gebracht werden kann. Nachdem so das Instrument ins Wasser gesenkt worden, so steigt dieses in der Röhre bis a'b'. Oben ist ein kleiner Cylinder angebracht, welcher das Gefäß am Sinken hindert, md ist ein dicker Draht, ms und de sind feine Drähte, welche zur Messung dienen, indem das Wasser beim Sinken des Gefäßes erst am untern, dann am oberen Drahte eine scharfe Begrenzung bildet. Je mehr das gewöhnliche (Torricellische) Barometer fällt, desto mehr steigt dieses Instrument, und umgekehrt. Das Instrument hat eine sehr große Empfindlichkeit, nach Berechnung des Erfinders 1200 Mal größer, als die des gewöhnlichen Barometers. Caswell nennt es ein Meerbarometer, wozu es aber durchaus nicht paßt, weil die Schwankungen des Wassers durch das Schiff so bedeutend sein müssen, daß jede genauere Beobachtung unmöglich gemacht wird.

Ueber Adie's Luftschweremesser, von ihm Sympiesometer genannt, s. d. Art. Endlich ist eine von Prevot bemerkte Erscheinung, daß ein ausgespannter Draht bei Wetterveränderungen töne, zu einem Wetteranzeiger benutzt, und der Apparat Barometer genannt worden, s. d. Art. Wetterharfe.

Bei der Beobachtung des Barometers muß die Länge der wirklich durch den Luftdruck gehaltenen Säule gemessen werden, also die Queckſilbersäule ohne denjenigen Theil, welchem durch das Queckſilber im Gefäß oder beim Heberbarometer durch das Queckſilber im kürzeren Schenkel das Gleichgewicht gehalten wird. Man muß also die Höhe der Oberfläche des Queckſilbers in der Barometerröhre über dem Niveau des Queckſilbers im Gefäß oder des kürzeren Schenkels beim Heberbarometer messen. Da sich nun bei Veränderung des Luftdruckes der Barometerstand nicht allein in der Barometerröhre, sondern auch im Gefäß und im kürzeren Schenkel des Heberbarometers ändert, so ist die Messung der absoluten Länge der von der Luft getragenen Queckſilbersäule mit einigen Schwierigkeiten verknüpft. Bei einem Gefäßbarometer kann man bei Beobachtungen, von welchen keine große Genauigkeit gefordert wird, den Stand des Queckſilbers im Gefäße bei Messung der Säule um so eher vernachläſſigen, je größer das Gefäß ist; man mißt dann an der angebrachten Scale nur die Unterschiede der verschiedenen Barometerstände. Bei genauen Messungen muß man aber den Stand des Queckſilbers im Gefäße berückſichtigen. Dieß kann geschehen, indem man gleich bei Anfertigung der Scale den Einfluß des Standes des Queckſilbers im Gefäße auf die Länge der Queckſilbersäule berückſichtigt. Leichter ist folgende Einrichtung. In einer gewiſſen Höhe mache man in das Gefäß eine mit einer Schraube verſchließbare

Digitized by Google

Oeffnung, durch welche das Queckſilber, ſobald es beim Steigen im Gefäße über dieſe Höhe hinausgeht, nach Oeffnung der Schraube abfließen kann; ſinkt das Queckſilber hingegen unter dieſe Oeffnung, ſo gießt man ſo lange Queckſilber nach, bis das im Gefäße die Höhe der Oeffnung erreicht hat. Auf dieſe Weiſe hat man im Gefäße ſtets dieſelbe Höhe des Queckſilbers und braucht nur die Unterſchiede des Queckſilberſtandes in der Röhre zu meſſen. Eine bleibende Höhe des Queckſilbers im Gefäß kann man auch herſtellen, wenn daſſelbe mittelſt eines beweglichen Bodens des Gefäßes (wie bei mehreren der oben beſchriebenen Barometer) gehoben und heruntergelaſſen werden kann; dann gibt die Spitze eines von oben herabreichenden kegelförmig zugeſpitzten Stiftes die bleibende Höhe des Queckſilbers im Gefäße an, bis zu welcher daſſelbe nach Umſtänden gehoben oder herabgelaſſen werden muß. Beim Heberbarometer würde, wenn der kürzere und der längere Schenkel von ganz gleicher Weite wären, nur die Veränderung der Queckſilberſäule im längeren Schenkel zu beobachten und doppelt zu nehmen ſein, um die Verkürzung oder Verlängerung der ganzen von der Luft getragenen Queckſilberſäule zu haben. Denn wenn in Fig. 62. bei einer Beobachtung das Niveau des Queckſilbers in dem kürzeren Schenkel bei b iſt und die Höhe der Queckſilberſäule im längeren Schenkel bei a, ſo iſt b a′ die Länge der von der Luft getragenen Queckſilberſäule. Iſt nun bei einer zweiten Beobachtung das Queckſilber in dem längeren Schenkel um a d gefallen, ſo muß es in dem kürzeren Schenkel, wenn derſelbe eben ſo weit wie der längere iſt, um eben ſo viel geſtiegen ſein, wenn es alſo in dem kürzeren Schenkel bis c geſtiegen iſt, ſo muß b c = a d ſein. Die Höhe der von der Luft getragenen Queckſilberſäule iſt jetzt c d′, und um a′d′ + c b kürzer als die Länge der von der Luft getragenen Queckſilberſäule bei der erſten Beobachtung; alſo iſt der Unterſchied beider Beobachtungen a′d′ + b c = 2 a d. Man hätte alſo nur a d meſſen, und doppelt zu nehmen nöthig gehabt, um den Unterſchied beider Beobachtungen zu kennen. Da man indeß ſelten Inſtrumente herſtellen kann, bei denen der kürzere Schenkel ganz genau dieſelbe Weite wie der längere hat, ſo pflegt man entweder an jedem der Schenkel eine beſondere Scale anzubringen, oder man macht eine Scale, deren Null in der Mitte des Inſtrumentes liegt, von wo aus nach oben und nach unten gleiche Theile gezählt werden. Dann beobachtet man den Stand des Queckſilbers im längeren und im kürzeren Schenkel, und addirt die Reſultate. Eine andere Einrichtung iſt die, daß man die Scale beweglich macht, ſo daß man ihren Nullpunkt ſtets mit der Oberfläche des Queckſilbers im kürzeren Schenkel auf gleiche Höhe ſtellen kann.

Der Gebrauch des Schwimmers, wie er ſchon bei Beſchreibung der einzelnen Barometer erwähnt worden, iſt nicht anzurathen, weil derſelbe leicht Queckſilber aufnimmt und dann tiefer ſinkt als vorher, weil er ſchwerer geworden iſt.

Beim Gebrauch des Barometers kommt es darauf an, daß daſſelbe genau in ſenkrechter Richtung hänge. Einige frei aufgehangene Baro-

Digitized by Google

meter, wie z. B. das von Fortin nehmen von selbst die senkrechte Stellung an, wo dieses nicht der Fall ist, muß die Stellung auf die gebräuchliche Weise mittelst des Senkbleies hergestellt und berichtigt werden. Bei Benutzung des Barometers zu Höhenmessungen muß man im Fall das Barometer nicht mit einem Gestelle versehen ist wie das Fortin'sche einen Haken mit einer Holzschraube bei sich führen, den man an einen Baum oder Stock einschrauben und woran man das Barometer aufhängen kann.

Bei sehr gut ausgekochten Barometern soll die Oberfläche der Queckſilbersäule eben, ja sogar eingebogen sein. In der Regel ist dieselbe aber kugelförmig ausgebogen. Man mißt dann nach der Berührungsebene an den höchsten Punkt dieser gekrümmten Fläche; bevor man die Beobachtung anstellt, muß man durch einige sanfte Stöße das Instrument erschüttern, damit das Queckſilber ungehindert von der Adhäſion an das Glas seinen Stand annehmen kann.

Um sich die Mühe des Selbstbeobachtens ersparen zu können, hat man Vorrichtungen ersonnen, bei denen sich der Stand des Barometers von selbst verzeichnet, die aber niemals scharfe Beobachtungen gewähren, so der Barometrograph (v. d. griech. γράφειν, schreiben) von Changeux. Dieser besteht aus einem Heberbarometer nach Hooke's Einrichtung, in dessen kürzerem Schenkel ein elfenbeinerner Cylinder auf dem Queckſilber schwimmt, und daher beim Steigen und Fallen des Barometers abwechselnd gehoben wird oder herabsinkt. In dem elfenbeinernen Cylinder ist ein Draht befestigt, welcher aus dem Ende des Schenkels hervorragt und oben einen quer in ihm befestigten Bleistift trägt. Vor diesem wird durch eine Uhr ein Cylinder mit der von Musschenbroeck vorgeschlagenen Tabelle umgeben alle Tage einmal um seine Axe herumgedrehet, und so muß der Bleistift den jedesmaligen Barometerstand von selbst in diese einzeichnen. Weil aber die Spitze desselben sich abnutzt, leicht abbricht und einen zu starken Druck zum Schreiben erfordert, so änderte Changeux diese Vorrichtung dahin ab, daß er statt desselben einen etwas zugespitzten Drahtstift wählte, welcher alle Stunden durch einen kleinen Hammer gegen die Tabelle geschlagen wurde. Nach 24 Stunden sank der Cylinder um 1 bis 2 Z. herab und so wurde über dem eingezeichneten Striche ein zweiter verzeichnet, und so fort bis man einen neuen Ueberzug über den Cylinder schob.

Eine andere Vorrichtung von Landriani gibt mit Genauigkeit bis auf $\frac{1}{12}$ Lin. die höchsten und niedrigsten Stände des Barometers (Fig. 63). Auf dem kürzeren Schenkel eines guten Heberbarometers schwimmt das Stückchen Holz oder Elfenbein p, welches etwas kleiner im Durchmesser ist, als die Barometerröhre. Der Schwimmer trägt einen Eisendraht s und an diesen ist ein über eine Rolle geschlungener und mit dem Gegengewichte r beschwerter Seidenfaden gebunden. An der Axe der Rolle ist das sehr leichte messingene Rad MM befestigt, welches genau balancirt, gezahnt und mit dem Zeiger kk versehen ist. Der

Digitized by Google

Zeiger zeigt den Stand des Barometers, das gezahnte Rad aber bewegt sich unter dem leichten stählernen Hebel z, welcher ihm zwar das Herumdrehen nach einer Seite verstattet, aber nicht den Rückgang; und auf diese Weise zeigt von zwei Barometern, je nachdem die Richtung der Zähne des Rades und des sperrenden Hebels verschieden ist, das eine den höchsten, das andere den niedrigsten Stand.

Man sieht leicht, daß es sehr einfach sein würde, nach Muncke auf beiden Seiten des Rades zwei, von demselben getrennte, genau balancirte, durch geringe Reibung aber feststehende Zeiger zu befestigen und durch Stifte an beiden Seiten des Rades nach entgegengesetzter Seite bewegen zu lassen, um an demselben Barometer zugleich den höchsten und den niedrigsten Stand zu messen. Die einzige auf jeden Fall nur durch erfahrungsmäßige Berichtigung zu überwindende Schwierigkeit besteht darin, die Abtheilungen der äußern getheilten Scheibe v v so zu machen, daß sie dem Stande des Barometers in Zollen und Theilen desselben genau entsprechen. Dieses könnte viel leichter noch durch Semple's absence-barometer (Abwesenheitsbarometer) erreicht werden (Fig. 64.), oder ist vielmehr durch dasselbe gegeben, wenn man annimmt, daß der in der Figur nicht gezeichnete Schenkel des Barometers mit demjenigen völlig gleiche Weite hätte, auf welchem der Schwimmer ruht, oder daß man den Unterschied des oberen weiten Cylinders und des offenen Schenkels in die Scale corrigirte. Uebrigens ergibt sich die Construction dieses selbst registrirenden Barometers aus der Zeichnung von selbst, indem man leicht wahrnimmt, daß der Schwimmer p einen Stift und dieser den horizontalen Draht a' b' trägt, dessen Enden rechts beim Steigen, links beim Fallen leichte Schieber bewegen, und auf dem höchsten oder niedrigsten erreichten Punkte stehen lassen. Bei der gegenwärtig erforderlichen Genauigkeit der Beobachtungen sind alle solche Vorrichtungen unnütz, es sei denn, daß man wissen wollte, ob bei ungewöhnlichen Veränderungen bei Nacht noch ein Steigen oder Fallen des Barometers erfolgt sei. — Da es der Fall sein kann, daß der Physiker nicht selbst in einer bedeutenden Höhe oder Tiefe die Beobachtung anstellen kann, so hat Changeux zwei Barometer vorgeschlagen, das eine zum Messen unzugänglicher Tiefen, das andere zum Selbstmessen der Höhen. Beide sind Heberbarometer, ersteres mit einer oben, letzteres mit einer unten angebrachten, seitwärts gehenden Röhre (Fig. 65.). Sinkt das Quecksilber, so fällt soviel in die Röhre b, daß das ursprüngliche Niveau bei a wiederhergestellt wird. Ebenso ist es beim Steigen desselben. Wird das Barometer wieder an den ersten Beobachtungsort gebracht, so zeigt die Menge des ausgelaufenen Quecksilbers den Unterschied der Längen der Quecksilbersäulen, und hiernach die Höhen.

Die oben erwähnte Tabelle von Musschenbroek dient dazu, um die verschiedenen Barometerstände nach Verhältniß der Länge der Quecksilbersäule darzustellen. Fig. 66. stellt diese Tafel dar, in welche die Beobachtungen so verzeichnet werden, daß eine krumme Linie wie A B dieselben in ihrer Aufeinanderfolge darstellt.

Nachdem man am Barometer die Beobachtung gemacht hat, ist es noch nöthig, verschiedene Correcturen vorzunehmen. Zunächst ist von großem Einfluß auf die jedesmalige Länge der Säule außer der Schwere der Luft die Temperatur, in welcher sich das Barometer während der Beobachtung befindet. Wie alle Körper dehnt sich auch das Queckſilber durch die Wärme aus, (auf welcher Eigenschaft deſſelben der Thermometer beruht). Da man nun durch das Barometer allein die Schwere der Luft erkennen will, so ist es nöthig, daß man den Einfluß, welchen die Wärme auf die Länge der Queckſilberſäule hat, berechne und das Resultat von dem der unmittelbaren Beobachtung der Länge der Queckſilberſäule abziehe oder zusetze.

Jedes gute Barometer muß daher mit einem Thermometer verſehen sein, welches so nahe als möglich an die Barometerröhre angebracht ist. Vollkommen genau gibt nur ein in das Queckſilber selbst getauchtes Thermometer die Temperatur des Queckſilbers an. Durch Dulong und Petit ist die Ausdehnung des Queckſilbers durch die Wärme genau gefunden worden, gleich 0,0180180, welches $= \frac{1}{5550}$ für 1° C.; oder $\frac{1}{4440}$ für 1° R.; $\frac{1}{9990}$ für 1° F.*) Es ist nun nothwendig, die Barometerbeobachtungen auf eine beſtimmte Temperatur zu reduciren, auf welche, ist an sich gleichgültig, muß aber jedesmal beſtimmt angegeben werden. Gewöhnlich pflegt man auf 0° zu reduciren. Um die jedesmalige Rechnung bei der Reduction zu ersparen, sind Tafeln berechnet worden, welche für jeden beliebigen Stand des Barometers und Thermometers die zu subtrahirenden oder zu addirenden Größen enthalten. Solche Tafeln sind berechnet von Winkler und Weiße, jedoch mit übertriebener Genauigkeit; für Millimeter und hunderttheilige Grade theilt Muncke folgende Tabelle mit, zur Reduction des Barometerstandes auf 0° C.

*) Vergl. d. Art. Ausdehnung des Queckſilbers, S. 110. dieſes Bandes.

Digitized by Google

Barometerstand in Millim.	Temperatur.							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	0,072	0,144	0,216	0,288	0,360	0,432	0,504	0,577
10	0,074	0,148	0,221	0,295	0,369	0,443	0,516	0,591
20	0,076	0,152	0,227	0,302	0,378	0,454	0,529	0,606
30	0,078	0,155	0,232	0,309	0,387	0,465	0,540	0,620
40	0,079	0,158	0,238	0,316	0,396	0,476	0,554	0,635
50	0,081	0,162	0,243	0,324	0,405	0,486	0,567	0,649
60	0,083	0,166	0,248	0,331	0,414	0,497	0,580	0,663
70	0,085	0,170	0,254	0,338	0,423	0,508	0,593	0,678
80	0,087	0,173	0,259	0,345	0,432	0,519	0,605	0,692
90	0,088	0,176	0,264	0,352	0,441	0,530	0,618	0,707
500	0,090	0,180	0,270	0,360	0,450	0,540	0,630	0,721
10	0,092	0,184	0,275	0,367	0,459	0,551	0,642	0,735
20	0,094	0,188	0,281	0,373	0,468	0,562	0,655	0,750
30	0,096	0,191	0,287	0,380	0,477	0,573	0,667	0,764
40	0,098	0,194	0,292	0,387	0,486	0,584	0,680	0,779
50	0,099	0,198	0,297	0,396	0,496	0,594	0,693	0,793
60	0,101	0,202	0,302	0,403	0,504	0,605	0,705	0,807
70	0,103	0,206	0,308	0,410	0,513	0,616	0,718	0,822
80	0,105	0,209	0,313	0,418	0,522	0,627	0,730	0,836
90	0,106	0,212	0,319	0,425	0,531	0,638	0,743	0,850
600	0,108	0,216	0,324	0,432	0,540	0,648	0,757	0,865
10	0,110	0,220	0,330	0,439	0,549	0,659	0,769	0,879
20	0,112	0,224	0,335	0,446	0,558	0,670	0,781	0,894
30	0,115	0,227	0,341	0,454	0,567	0,681	0,794	0,908
40	0,116	0,230	0,346	0,461	0,576	0,692	0,807	0,922
50	0,117	0,234	0,351	0,469	0,585	0,702	0,819	0,937
60	0,119	0,238	0,356	0,476	0,594	0,713	0,831	0,951
70	0,121	0,241	0,362	0,484	0,603	0,724	0,844	0,966
80	0,123	0,245	0,367	0,491	0,612	0,735	0,856	0,980
90	0,124	0,249	0,373	0,498	0,621	0,746	0,869	0,995
700	0,126	0,252	0,378	0,505	0,631	0,757	0,883	1,009
10	0,128	0,256	0,383	0,512	0,640	0,768	0,896	1,023
20	0,130	0,259	0,389	0,520	0,649	0,779	0,908	1,038
30	0,132	0,263	0,394	0,527	0,658	0,790	0,921	1,052
40	0,134	0,267	0,400	0,534	0,667	0,800	0,933	1,067
50	0,135	0,270	0,405	0,541	0,676	0,811	0,946	1,081
60	0,137	0,274	0,410	0,548	0,685	0,822	0,959	1,095
70	0,139	0,277	0,416	0,556	0,694	0,833	0,971	1,110
80	0,141	0,281	0,421	0,563	0,703	0,844	0,984	1,124
90	0,143	0,284	0,427	0,570	0,712	0,855	0,997	1,139

Digitized by Google

Barometerstand in Millim.	Temperatur.							
	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	0,649	0,721	0,793	0,865	0,937	1,009	1,081	1,153
10	0,665	0,739	0,813	0,886	0,960	1,034	1,108	1,182
20	0,681	0,757	0,833	0,908	0,984	1,059	1,135	1,211
30	0,697	0,775	0,853	0,930	1,007	1,084	1,162	1,240
40	0,714	0,793	0,873	0,952	1,030	1,109	1,189	1,269
50	0,730	0,811	0,892	0,973	1,054	1,135	1,216	1,297
60	0,746	0,829	0,912	0,994	1,077	1,160	1,243	1,326
70	0,762	0,847	0,932	1,016	1,100	1,185	1,270	1,355
80	0,778	0,865	0,952	1,038	1,123	1,210	1,297	1,383
90	0,795	0,883	0,972	1,060	1,147	1,235	1,326	1,412
500	0,811	0,901	0,991	1,081	1,171	1,261	1,351	1,441
10	0,827	0,919	1,011	1,102	1,194	1,286	1,378	1,470
20	0,843	0,937	1,031	1,124	1,218	1,311	1,405	1,499
30	0,860	0,955	1,051	1,146	1,241	1,336	1,432	1,528
40	0,876	0,973	1,071	1,168	1,264	1,361	1,459	1,557
50	0,892	0,991	1,090	1,189	1,288	1,387	1,486	1,586
60	0,908	1,009	1,110	1,210	1,311	1,412	1,513	1,615
70	0,924	1,027	1,130	1,232	1,334	1,437	1,540	1,644
80	0,940	1,045	1,150	1,253	1,358	1,462	1,567	1,673
90	0,956	1,063	1,170	1,275	1,382	1,487	1,594	1,702
600	0,973	1,081	1,189	1,297	1,405	1,513	1,621	1,730
10	0,989	1,099	1,209	1,318	1,428	1,538	1,648	1,759
20	1,005	1,117	1,229	1,340	1,451	1,563	1,675	1,788
30	1,022	1,135	1,249	1,362	1,474	1,588	1,702	1,817
40	1,038	1,153	1,269	1,383	1,498	1,613	1,729	1,846
50	1,054	1,171	1,288	1,405	1,522	1,639	1,756	1,875
60	1,070	1,189	1,308	1,426	1,545	1,664	1,783	1,904
70	1,086	1,207	1,328	1,448	1,569	1,689	1,810	1,933
80	1,103	1,225	1,348	1,470	1,592	1,714	1,837	1,962
90	1,119	1,243	1,368	1,492	1,616	1,740	1,864	1,991
700	1,135	1,261	1,387	1,514	1,640	1,766	1,892	2,019
10	1,151	1,279	1,407	1,536	1,663	1,791	1,919	2,048
20	1,167	1,297	1,427	1,557	1,687	1,816	1,946	2,077
30	1,183	1,315	1,447	1,580	1,710	1,841	1,973	2,106
40	1,200	1,333	1,467	1,600	1,733	1,866	2,000	2,134
50	1,216	1,351	1,486	1,622	1,757	1,892	2,027	2,163
60	1,232	1,379	1,506	1,644	1,780	1,917	2,054	2,192
70	1,249	1,397	1,526	1,665	1,804	1,942	2,081	2,221
80	1,265	1,405	1,546	1,687	1,827	1,967	2,108	2,250
90	1,280	1,423	1,566	1,708	1,850	1,992	2,135	2,289

Digitized by Google

Barometerstand in Millim.	Temperatur.							
	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	1,225	1,297	1,369	1,441	1,513	1,585	1,657	1,729
10	1,255	1,330	1,403	1,477	1,551	1,624	1,698	1,772
20	1,286	1,362	1,437	1,513	1,589	1,664	1,740	1,815
30	1,316	1,395	1,471	1,549	1,627	1,703	1,781	1,859
40	1,347	1,427	1,515	1,585	1,664	1,743	1,822	1,902
50	1,378	1,459	1,540	1,621	1,703	1,782	1,864	1,946
60	1,409	1,491	1,574	1,657	1,740	1,822	1,906	1,989
70	1,440	1,524	1,608	1,693	1,777	1,862	1,948	2,032
80	1,470	1,556	1,642	1,729	1,815	1,901	1,989	2,075
90	1,500	1,589	1,676	1,765	1,853	1,941	2,030	2,118
500	1,531	1,621	1,711	1,802	1,891	1,981	2,071	2,161
10	1,561	1,653	1,745	1,838	1,929	2,021	2,112	2,204
20	1,592	1,686	1,779	1,874	1,967	2,060	2,154	2,247
30	1,623	1,718	1,813	1,910	2,005	2,100	2,195	2,291
40	1,653	1,751	1,847	1,946	2,043	2,140	2,237	2,334
50	1,684	1,783	1,882	1,982	2,080	2,179	2,278	2,377
60	1,715	1,816	1,916	2,018	2,119	2,219	2,320	2,421
70	1,746	1,848	1,950	2,054	2,156	2,258	2,361	2,464
80	1,777	1,871	1,984	2,090	2,194	2,298	2,403	2,507
90	1,807	1,903	2,019	2,126	2,232	2,338	2,444	2,551
600	1,838	1,946	2,054	2,162	2,270	2,378	2,486	2,594
10	1,869	1,978	2,089	2,198	2,307	2,417	2,527	2,637
20	1,900	2,011	2,123	2,234	2,345	2,457	2,568	2,680
30	1,930	2,043	2,157	2,270	2,383	2,497	2,610	2,724
40	1,960	2,076	2,191	2,306	2,421	2,536	2,651	2,767
50	1,991	2,108	2,225	2,342	2,459	2,576	2,692	2,810
60	2,022	2,140	2,259	2,378	2,496	2,616	2,734	2,854
70	2,053	2,173	2,294	2,414	2,534	2,655	2,776	2,897
80	2,084	2,206	2,328	2,450	2,572	2,695	2,818	2,941
90	2,114	2,238	2,362	2,486	2,610	2,734	2,859	2,984
700	2,145	2,271	2,397	2,523	2,648	2,774	2,900	3,027
10	2,176	2,303	2,431	2,560	2,686	2,813	2,941	3,070
20	2,206	2,336	2,465	2,596	2,723	2,853	2,983	3,113
30	2,237	2,368	2,498	2,632	2,761	2,892	3,024	3,157
40	2,268	2,400	2,533	2,668	2,799	2,932	3,065	3,200
50	2,298	2,433	2,568	2,702	2,837	2,972	3,107	3,244
60	2,329	2,466	2,602	2,738	2,875	3,012	3,148	3,287
70	2,360	2,500	2,636	2,774	2,913	3,052	3,190	3,330
80	2,390	2,532	2,671	2,810	2,951	3,091	3,231	3,373
90	2,420	2,564	2,705	2,846	2,989	3,131	3,273	3,417

Digitized by Google

Barometerstand in Millim.	Temperatur.							
	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	1,801	1,873	1,945	2,017	2,089	2,162	2,234	2,306
10	1,846	1,920	1,993	2,067	2,141	2,216	2,290	2,363
20	1,891	1,967	2,042	2,118	2,193	2,270	2,346	2,421
30	1,936	2,014	2,090	2,168	2,246	2,324	2,402	2,479
40	1,981	2,060	2,139	2,219	2,298	2,378	2,458	2,536
50	2,026	2,107	2,188	2,269	2,350	2,432	2,513	2,594
60	2,071	2,154	2,236	2,319	2,402	2,486	2,569	2,652
70	2,116	2,200	2,285	2,370	2,454	2,540	2,625	2,709
80	2,161	2,247	2,333	2,420	2,507	2,594	2,681	2,767
90	2,206	2,294	2,382	2,471	2,559	2,648	2,737	2,824
500	2,251	2,341	2,431	2,521	2,612	2,702	2,792	2,882
10	2,296	2,388	2,480	2,571	2,664	2,756	2,848	2,940
20	2,341	2,435	2,528	2,622	2,716	2,810	2,904	2,997
30	2,386	2,482	2,577	2,672	2,769	2,864	2,960	3,055
40	2,431	2,529	2,625	2,723	2,822	2,918	3,016	3,112
50	2,477	2,575	2,674	2,773	2,873	2,972	3,071	3,170
60	2,522	2,622	2,722	2,823	2,925	3,026	3,127	3,228
70	2,567	2,669	2,771	2,874	2,977	3,080	3,183	3,285
80	2,612	2,716	2,820	2,925	3,030	3,134	3,239	3,343
90	2,657	2,763	2,869	2,975	3,082	3,188	3,295	3,401
600	2,702	2,810	2,918	3,026	3,135	3,243	3,351	3,459
10	2,747	2,857	2,966	3,076	3,187	3,297	3,407	3,516
20	2,792	2,904	3,015	3,127	3,239	3,351	3,463	3,574
30	2,837	2,951	3,064	3,177	3,292	3,405	3,519	3,632
40	2,882	2,998	3,112	3,228	3,344	3,459	3,575	3,689
50	2,928	3,044	3,161	3,278	3,396	3,513	3,630	3,747
60	2,973	3,091	3,209	3,328	3,448	3,567	3,686	3,805
70	3,018	3,138	3,258	3,379	3,500	3,621	3,742	3,862
80	3,063	3,185	3,307	3,430	3,553	3,675	3,798	3,920
90	3,108	3,232	3,356	3,480	3,605	3,729	3,854	3,978
700	3,153	3,279	3,405	3,531	3,658	3,784	3,910	4,036
10	3,198	3,326	3,453	3,581	3,710	3,838	3,966	4,094
20	3,243	3,373	3,502	3,632	3,762	3,892	4,022	4,151
30	3,288	3,420	3,550	3,682	3,815	3,946	4,078	4,209
40	3,333	3,467	3,599	3,733	3,867	4,000	4,134	4,267
50	3,379	3,513	3,648	3,783	3,919	4,054	4,189	4,324
60	3,424	3,560	3,696	3,833	3,971	4,108	4,245	4,381
70	3,469	3,617	3,745	3,884	4,023	4,162	4,301	4,439
80	3,514	3,654	3,794	3,934	4,076	4,216	4,357	4,497
90	3,559	3,701	3,843	3,985	4,128	4,270	4,413	4,555

Digitized by Google

Der Gebrauch dieser Tabelle ist folgender: die oberste horizontale Linie enthält die Grade des Thermometers von 0° bis 32° C.; die erste senkrechte Columne enthält die Barometerstände von 0,^{m} 400 bis 0,^{m} 800 von 10 zu 10 Millimetern. Sind die Barometerstände nach einem anderen Maße gegeben, so können sie vorher auf das Metermaß reducirt werden, wozu für das altfranzösische Maß die S. 153. angegebene Tabelle behülflich ist. Die durch den Einfluß der Temperatur erzeugte Verlängerung oder Verkürzung der Quecksilbersäule muß für alle Grade der Centesimalscale über 0° abgezogen, unter 0° aber zuaddirt werden. Ist der Barometerstand nur bis auf Centimeter angegeben, so gibt die Tabelle die Correction unmittelbar. Ist z. B. der Barometerstand 0^{m},75, der Thermometerstand 15° C., so sucht man die Zahl, welche zugleich in der Querspalte 750 und in der senkrechten Spalte 15° steht: 2,027, also ist der corrigirte Barometerstand = 0^{m},75 — 0^{m},002027 = 0,747973; wäre dagegen der Barometerstand = 0^{m},72 und der Thermometerstand = — 2° C. angegeben, so wäre der corrigirte Barometerstand = 0^{m},72 + 0^{m},000259 = 0^{m},720259. — Stehen die gegebenen Barometerhöhen nicht unmittelbar in der Tafel, so nimmt man, ohne einen nur irgend bedeutenden Fehler zu begehen, diejenige Correctur, welche dem Barometerstande entspricht, der dem beobachteten am nächsten kommt. Da sich indeß durch die Wärme nicht bloß das Quecksilber, sondern auch das Material, aus welchem die Scale verfertigt ist, ausdehnt, so muß auch hierauf Rücksicht genommen werden. Muncke berechnet nun, daß wenn man nach Horner die Ausdehnung des Glases zwischen dem Gefrier- und Siedepunkte des Wassers = 0,000921, und die des Messings = 0,001903 annehme, man die nöthige Genauigkeit erreichen werde, wenn man bei auf Glas geätzter Scale von der berechneten oder aus der Tabelle entnommenen Correction nur 0,05 und bei messingener Scale 0,1 der Correction abziehe.

Noch eine andere Correction ist nöthig wegen der Capillardepression (Herabdrückung der Quecksilbersäule durch die Haarröhrchenanziehung) am Glase. Das Vorhandensein derselben sieht man aus dem convexen Stande des Quecksilbers in der Röhre. Je besser das Barometer ausgekocht ist, desto weniger ist dieselbe voll Einfluß, und bei den besten Barometern hat das Quecksilber eine völlig ebene Oberfläche. Dieselbe kann jedoch nach folgender von Schleiermacher und Eckhart nach Laplace's Formel berechneter Tafel corrigirt werden.

	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
0,5	4,975	8,912	12,560	12,616							
1,0	1,262	2,450	4,377	5,581	6,098	6,171					
2,0	0,299	0,595	1,152	1,643	2,037	2,338	2,541	2,658	2,681	2,699	2,712
3,0	0,121	0,242	0,476	0,695	0,839	1,066	1,206	1,316	1,397	1,449	1,483
4,0	0,068	0,120	0,240	0,354	0,464	0,546	0,530	0,702	0,758	0,805	0,838
5,0	0,034	0,069	0,138	0,205	0,247	0,299	0,308	0,390	0,428	0,468	0,476

Die horizontale obere Zeile enthält die Höhe der Chorde (Sehne) des Meniskus (halbmondförmige Erhöhung) an der Quecksilberoberfläche,

Digitized by Google

die erste linksstehende verticale Zeile die Halbmesser der Röhre; und die Werthe, auf welche man trifft, wenn man in verticaler und horizontaler Richtung von einem bestimmten Halbmesser und einer bestimmten Chordenhöhe ausgeht, geben die betreffende Depression der Quecksilbersäule.

Bei den Veränderungen des Queckſilberſtandes im Barometer bemerkt man eine gewisse Regelmäßigkeit des Steigens und Fallens, zunächst so, daß der Barometer zu gewissen Stunden des Tages einen höchsten, in andern einen niedrigsten Stand hat. Wird der Stand eines Barometers längere Zeit von Stunde zu Stunde beobachtet und sodann das Mittel allen zu derselben Stunde gefundenen Höhen genommen, so zeigt sich im Laufe des Tages eine regelmäßige Bewegung des Queckſilbers; dieses sind die täglichen periodiſchen Schwankungen des Barometers. Um 4^h *) hat das Barometer seinen niedrigsten Stand, steigt von nun bis 10^h, wo es seinen höchsten Stand erreicht hat, sinkt von da bis zum folgenden Morgen um 16^h, wo es wiederum einen niedrigsten Stand erreicht; von da steigt es wieder bis gegen 22^h und sinkt endlich wiederum bis gegen 4^h; so daß also zweimal um 10^h und 22^h ein höchster, und zweimal um 4^h und um 16^h ein niedrigster Stand des Barometers eintritt. Die Stunden, in denen ein Uebergang vom Fallen zum Steigen oder vom Steigen zum Fallen eintritt, heißen (nach Humboldt) Wendeſtunden.

Von dieser Erscheinung soll nach Brewster zuerst im J. 1666 Beale gesprochen haben. Derselbe bemerkte, daß sowohl im Sommer als im Winter das Barometer am Abend und Morgen höher, als am Mittage stehe. Bestimmte Nachrichten von diesen Schwankungen gab zuerst im J. 1722 ein unbekannter holländischer Beobachter aus Surinam mit ziemlich genauer Bestimmung der vier Wendestunden. Als im J. 1735 Bouguer, la Condamine und Godin nach Amerika gingen, wußten sie wahrscheinlich von diesen Schwankungen nichts, und gaben daher Godin für den Entdecker derselben aus, welches seitdem auch ziemlich allgemein angenommen worden ist. Seitdem ist die Erscheinung vielfach beobachtet worden. Chiminello bewies zuerst, daß diese periodischen Schwankungen des Barometers auch in Europa statt fänden. Nach den Beobachtungen, welche er in den J. 1778, 1779 und 1780 zu Padua gemacht hatte, bestimmte er die Wendestunden fast eben so, wie man sie zwischen den Wendekreisen gefunden hatte. Auch geht aus seinen Beobachtungen schon hervor, daß die Zeit des Eintrittes der Wendestunden von den Jahreszeiten abhängig sei, wovon später weiter die Rede sein wird. Besonders genaue Beobachtungen zu Auffindung der Wendestunden hat Humboldt in Cumana angestellt. Er bestimmte dieselben auf 4^h, 11^h, 16^h u. 21^h. Durch Humboldt angeregt haben sich sehr viele Physiker mit Beobachtung der Wendestunden beschäftigt. Kämtz sagt, in einem Zeitraum von $4\frac{1}{2}$ Jahren, während dessen er zu Halle fast ununterbrochen das Barometer beobachtete, sei kein einziger Monat gewesen, welcher die periodischen Schwankungen des Barometers nicht mehr oder weni-

*) Die Stunden von Mittag $= 0^h$ an gerechnet. (S. d. Art. Zeit.)

ger bestimmt gezeigt hätte und bei Zusammenstellung von 10 zu 10 Tagen habe er nur in 3 Fällen gänzliche Unregelmäßigkeit der Bewegung des Queckſilbers wahrgenommen. Doch bemerkte er auch hier, daß wenn das Barometer im Allgemeinen ſank, dieß zu der Zeit weit langſamer geſchah, in welcher es der Regel nach hätte ſteigen ſollen. Die einzige bedeutende Unregelmäßigkeit bei dieſen Zuſammenſtellungen von 10 zu 10 Tagen zeigten die Wendeſtunden, indem dieſe oft mehrere Stunden früher oder ſpäter eintraten, als im Mittel vieler Beobachtungen. Aus allen an verſchiedenen Orten angeſtellten Beobachtungen ſtellt Kämtz folgende Tabelle zuſammen, welche die Wendeſtunden, die des höchſten Standes (Maximum) und des niedrigſten Standes (Minimum) in Decimaltheilen der Stunde, angibt.

Ort.	Breite.	Min.	Max.	Min.	Max.	Beobachter.
Großer Ocean.	0	$3^h,91$	$10^h,02$	$15^h,66$	$21^h,55$	Horner.
Popayan.	2. 26 N	3,98	10,13	15,84	21,71	Caldas.
Ibague.	4. 28 N	3,87	9,97	15,68	21,54	v. Humboldt.
Sta Fé de Bogota.	4. 36 N	4,01	10,05	15,73	21,52	Bouſſingault.
Payta.	5. 6 S	3,82	11,04	15,70	20,60	Freycinet.
Sierra Leone.	8. 30 N	4,12	10,38	16,06	21,81	Sabine.
Cumana.	10. 28 N	4,26	10,58	15,97	21,68	v. Humboldt.
Carracas.	10. 31 N	4,07	10,37	15,77	21,59	v. Humboldt.
la Guayra.	10. 36 N	4,00	10,23	15,41	21,24	Bouſſingault.
Callao.	12. 3 S	3,70	9,77	15,42	21,40	v. Humboldt.
Lima.	12. 3 S	3,37	9,81	15,33	20,93	v. Humboldt.
Madras.	13. 4 N	5,38	10,07	16,10	22,12	Goldingham.
Chittledroog.	14. 11 N	4,00	10,28	16,47	22,13	Kater.
Großer Ocean.	16° S	4,15	10,31	15,97	21,70	Horner.
Taïti.	17. 29 S	3,72	9,43	14,97	21,18	Simonoff.
Großer Ocean.	18. N	3,97	10,31	15,64	21,37	Horner.
Mexico.	19. 26 N	3,62	11,15	15,40	20,17	v. Humboldt.
Calcutta.	22. 35 N	4,67	10,45	15,42	21,84	Balfour.
Rio Janeiro.	22. 54 S	3,92	9,88	15,75	21,76	Dorta.
Cairo.	30. 2 N	4,00	10,75	15,92	21,19	Coutelle.
Padua.	45. 24 N	4,39	10,59	16,16	21,96	Chiminello.
München.	48. 8 N	4,04	10,03	16,07	22,13	v. Yelin.
Halle.	51. 29	4,20	10,18	15,37	21,50	Kämtz.
Åbo.	60. 27	4,05	10,15	17,38	23,87	Hällström.

Hieraus geht hervor, daß die Wendeſtunden nicht von den Breiten abhängig ſind, da die Wendeſtunden in Halle faſt zu derſelben Zeit eintreten, als nach den Meſſungen von Horner und Langsdorf in der Nähe des Aequators. Nur Payta, Mexiko und Åbo zeigen bedeutende Abweichungen. Wenn man dieſe vernachläſſigt, ſo ergeben ſich **als Mittel der Beobachtung**

Ein Minimum um $4^h,09 = 4^h. 5'$
= Maximum = $10,18 = 10. 11$
= Minimum = $15,75 = 15. 45$
= Maximum = $21,62 = 21. 37$

Wenn man daher durch wenige Meſſungen die periodiſchen Schwankungen des Barometers kennen lernen will, ſo würde es am paſſendſten ſein, um 4^h, 10^h, 16^h und 22^h zu beobachten.

Es iſt ſchon bemerkt worden, wie aus Chiminello's Beobach-

tungen hervorgehe, wie eine Verrückung der Wendestunden nach den verschiedenen Jahreszeiten statt finde. Zuerst machte Ramond darauf aufmerksam, daß das Maximum am Morgen und das Minimum am Abend im Winter näher am Mittage lägen, als im Sommer. Aus den Beobachtungen von Chiminello ergibt sich folgende Abweichung der Wendestunden.

	Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.
Minimum	3^h 5′	5^h 7′	5^h 18′	5^h 4′
Maximum	9. 58.	11. 21	11. 56	11. 22
Minimum	16. 50.	16. 6	16. 8	16. 14
Maximum	22. 5.	21. 58	21. 58	22. 7

Aus einer Vergleichung der fortgesetzten Beobachtungen, welche Kämtz im Laufe von 4½ Jahren zu Halle angestellt hat, ergeben sich folgende Wendestunden (in Stunden und Decimaltheilen derselben).

	Minimum.	Maximum.	Minimum.	Maximum.
Januar.	3^h,23	9^h,40	16^h,80	22^h,17
Februar.	4,08	10,08	15,90	21,90
März.	4,10	9,63	15,27	21,87
April.	4,78	10,43	15,20	21,57
Mai.	5,43	11,04	14,93	21,24
Juni.	4,87	11,43	14,80	21,08
Juli.	4,88	11,20	15,43	20,51
August.	4,58	10,62	15,17	21,51
September.	4,55	10,42	15,38	21,67
October.	4,20	9,50	14,50	21,60
November.	3,20	9,00	15,96	21,73
December.	2,77	8,50	16,27	21,80

Daraus geht hervor: 1) das Minimum am Abend tritt im Sommer mehr als eine Stunde später ein als im Winter; 2) das Maximum am Abend tritt im Sommer 2 Stunden später ein als im Winter; 3) das Minimum am Morgen tritt im Sommer früher ein als im Winter; 4) das Maximum am Morgen tritt im Sommer 1½ Stunden früher ein als im Winter. Es ist also jede Wendestunde im Sommer mehr als eine Stunde weiter von dem Mittage entfernt.

Vergleicht man die höchsten und niedrigsten Stände des Barometers unter einander, so findet man, daß das Quecksilber zwischen den Wendekreisen im Allgemeinen beim Maximum am Morgen höher stehe, als beim Maximum am Abende. Ramond schließt aus dreijährigen Beobachtungen zu Clermont, daß der höchste Stand am Morgen und Abend gleich sei. Dagegen schließt Kämtz aus seinen eigenen und aus Chiminello's Beobachtungen, daß das Barometer am Abend etwas niedriger stehe als am Morgen, daß es beim Minimum in der Nacht höher stehe als beim Minimum am Abend, welches auch Bouvard aus mehreren Messungen herleitet. In höheren Breiten scheinen jedoch die Jahreszeiten hierauf Einfluß zu haben, wie Hallström in Åbo und Kämtz in Halle beobachtet haben, während nämlich das Maximum

am Abend in der Regel geringer ist als am Morgen, findet im Winter häufig das Gegentheil statt. Kämtz hat gefunden, daß die Größe, um welche das Barometer beim Maximum am Morgen oder Abend höher steht als beim Minimum am Abend, im Winter weit kleiner sei als im Sommer.

Die Ursache der täglichen Schwankungen haben einige Physiker, so wie Ebbe und Fluth des Meeres, aus einer Anziehung der Atmosphäre durch Sonne und Mond erklärt. Hiergegen spricht aber schon der geringe Einfluß der Culmination des Mondes auf die Zeit der Wendestunden zwischen den Wendekreisen. Wahrscheinlicher dagegen ist, daß die Erscheinung von der Einwirkung der Sonnenwärme herkomme, welches schon Bouguer vermuthet hat. Ramond hat ohne nähere Berechnung der Erscheinung eine Erklärung mitgetheilt, welche die Hauptumstände bei dem Vorgange derselben zu umfassen scheint. Während sich nämlich die Sonne in unserm Meridiane befindet, erwärmt sie den Theil der Erde, welcher zwischen dem Orte ihres Auf- und Unterganges in diesem Zeitpunkte liegt. Wir wollen annehmen, diese Erwärmung zeige sich vorzugsweise nur zwischen den Meridianen, in welchem es 21^h und 3^h ist, wenn die Sonne bei uns culminirt. Indem die Luft durch diese Erwärmung ausgedehnt wird, erhält die Atmosphäre in dem erwähnten Raume eine größere Höhe als in den benachbarten Gegenden, ein Theil der Luft fließt ab, das Barometer sinkt, es steigt dagegen durch den Druck der hinzugekommenen Luftmassen in den Räumen zwischen den Meridianen von 3^h und 9^h, sowie in denen zwischen 3^h und 21^h; in dem einen dieser Räume ist die Luft noch von der Nacht her kalt, die Atmosphäre hat eine geringere Höhe und es kann ein Theil ab- und zufließen; in der zweiten Gegend erkaltet die Luft, nachdem die Zeit der größten täglichen Wärme vorüber ist. So verbreitet sich diese Bewegung nach und nach aus einer Gegend in die benachbarte, und wird dadurch dem Theile mitgetheilt, welcher, von unserm Meridiane aus gerechnet, zwischen den Nachtkreisen liegt. Das Barometer sinkt daher von 9^h bis 16^h, weil die Atmosphäre durch Verminderung der Kälte während der Nacht an Dichtigkeit, durch den Antheil, welchen ihre oberen Schichten den beiden benachbarten Regionen gegeben haben, aber an Höhe verloren hat. Es scheint schwierig, auf diese Weise das Minimum am Morgen abzuleiten, aber zur Zeit, wo dieses erfolgt, tritt östlich von dem Orte das Minimum der Temperatur ein, die Atmosphäre hat dann die geringste Höhe, und nothwendig fließt dahin ein Theil der Luftmasse aus den westlicher gelegenen Gegenden, wodurch hier das Barometer sinkt.

Den mittleren Barometerstand eines Ortes findet man im Allgemeinen, wenn man aus einer Reihe von Beobachtungen das arithmetische Mittel nimmt; häufig gibt man die Mittagsbeobachtung als dem mittleren Barometerstande gleichkommend an. Es ist jedoch ausgemacht, daß der Mittagsstand des Barometers den mittleren um etwas übersteigt. Richtiger wird das Mittel aus den beiden Messungen um 21^h und 3^h hergeleitet, oder aus dem Mittel der Messungen um

Digitized by Google

19^h, 2^h und 9^h. Wenn die Atmosphäre ein Sphäroid*) ist, so muß der mittlere Barometerstand über dem Meere unter dem Aequator niedriger sein, als gegen die Pole zu. Nach der Berechnung betrüge nach Muncke der Unterschied der Barometerstände im Niveau des Meeres unter dem Pol und dem Aequator 1,8624 oder nach einer andern Berechnung (nach Zach) 2,01 Par. Lin. Dagegen leitet Hansteen theils aus Beobachtungen in Norwegen, theils aus theoretischen Betrachtungen das Resultat her, daß das Barometer desto niedriger stehe, je größer die Breite sei. Am Aequator steht das Barometer höher als 337‴; aber der auf dem Meeresspiegel reducirte Stand beträgt in Christiania 335‴,9 in Hardangen, 336‴,3. Folgende Tafel von Kämtz enthält die meisten Bestimmungen über den mittleren Barometerstand:

	Breite.	Barometerstand.	
Großer Ocean.	0	337‴,79	Cook.
Cumana.	10° 27′ N	336,98	Bousſingault.
Teneriffa.	28. 28	338,44	Escolar.
Cairo.	30. 2	336,02	Coutelle.
Malta.	35. 54	337,04	Dangos.
Rom.	41. 54	336,14	Calandrelli, 7jähr. Beob.
Marseille.	43. 17	337,38	Silvabelle, 8jähr. Beob.
Padua.	45. 24	337,40	Toaldo.
la Rochelle.	46. 9	338,83	Bellevue.
Nantes.	47. 13	338,67	nach Muncke aus 13j. Beob.
St. Malo.	48. 39	338,64	nach demſ. aus 10j. Beob.
London.	51. 30	337,23	2jähr. Beob. der Roy. Soc.
Middelburg.	51. 30	336,58	Heinrich.
Danzig.	54. 21	337,03	Strehlke.
Königsberg.	54. 43	337,22	Sommer.
Apenrade.	55. 0	337,08	Steuber.
Copenhagen.	55. 41	338,74	Heinrich.
Chriſtiania.	59. 55	335,88	Hansteen, Beob. v. 36 Mon.
Bergen.	60. 24	335,56	Bohr.
Reikiavig.	66. 30	334,68	Schouw.

Dieſe Tabelle zeigt ſo bedeutende Unregelmäßigkeiten, daß es unmöglich ſcheint, aus ihr ein Geſetz für die Abhängigkeit des mittleren Barometerſtandes von der Polhöhe abzuleiten. Einen großen Theil der Schuld dieſer Unregelmäßigkeit mag der Mangel an Genauigkeit tragen, mit welcher einzelne Beobachtungen angeſtellt ſind, ſo wie die geringe Anzahl von Beobachtungen, aus denen das Mittel genommen iſt. Vielleicht liegt auch eine Urſache zu Grunde, von der man jetzt noch keine Ahnung hat, die ſich aber bei fernern genauen Beobachtungen oder durch einen glücklichen Zufall enthüllen wird.

Um in den Veränderungen, welche der Barometerſtand im

*) Der Barometerſtand, welcher gefunden wird, wenn man den Einfluß der Höhe des Beobachtungsortes bei dem beobachteten Stande in Rechnung gebracht hat.

Verlauf eines Jahres erleidet, ein Gesetz zu entdecken, sind noch weit längere und anhaltender angestellte Untersuchungen nöthig, als zu Bestimmung des mittleren Barometerstandes. Nach elfjährigen (1816—26) Beobachtungen in Paris ist der Gang des Barometers, so wie ihn Ramond aus seinen Beobachtungen zu Clermont herleitete: das Quecksilber steht im Januar am höchsten, sinkt hierauf bis zum April, erreicht im Sommer ein zweites Maximum, im Herbste ein zweites Minimum, und steigt von nun an bis zum Januar, so daß wir im Laufe des Jahres eben so wie im Tage, zwei Maxima und zwei Minima finden. Ein ähnliches Resultat geben 15jährige (1806—1820) Beobachtungen, welche Herrenschneider zu Straßburg angestellt hat. Kämtz erklärt diese Erscheinung folgendermaßen. Es sei (Fig. 67.) BC die Oberfläche der Erde als Ebene vorgestellt, in B und C liegen die beiden Pole, in A der Aequator, so ist zur Zeit, wo die mittlere Temperatur statt findet, die Oberfläche der Atmosphäre DF parallel mit BC. Bezeichnet AC die nördliche Halbkugel und rückt die Sonne nach Norden, so steigt die Temperatur über AC, die Oberfläche der Atmosphäre rückt hier nach GH, sie senkt sich in der südlichen Halbkugel bis JK. Unter diesen Umständen kann aber kein Gleichgewicht statt finden, ein Theil von der Atmosphäre der nördlichen Halbkugel fließt nach der südlichen ab, dort sinkt also das Barometer, während es hier steigt. Das Gegentheil muß erfolgen, wenn die Abweichung der Sonne südlich wird, und wir sehen also hieraus, wie das Barometer im Sommer niedriger steht als im Winter; zugleich aber zeigt uns diese Erscheinung, weshalb zur Zeit der beiden Nachtgleichen Luftströme vorherrschend sind, deren Richtung mit der großen dann vorhandenen Bewegung zusammenfällt. So wie wir in unsern Gegenden den Barometerstand beobachten, wird diese Erscheinung durch den Druck der Dampfatmosphäre verdeckt. Zur Zeit nämlich, wo das Barometer sinkt, wird die Dampfmenge in der Atmosphäre größer, und es kann dann geschehen, daß das Barometer im Sommer ein zweites Maximum erreicht. Erst wenn im Spätsommer und im Anfange des Herbstes die Atmosphäre einen Theil ihres Dampfes verliert, sinkt das Barometer aufs neue, um späterhin durch die ankommenden Luftmassen zu steigen.

In den Wendekreisen ändert sich die Temperatur weit weniger, wahrscheinlich also auch der Druck der Dampfatmosphäre als bei uns, daher zeigt sich auch die oben erwähnte Erscheinung dort weit auffallender. Schon ältere Beobachtungen, welche Dorta in Rio Janeiro angestellt hatte, zeigten die merkwürdige Erscheinung, daß in der südlichen Halbkugel das Barometer bei südlicher Abweichung höher stehe, als bei nördlicher, und Humboldt sah diese Thatsache, welche sich in Macao und Havannah ebenfalls zeigt, als allgemeines Naturgesetz. Aus den von Buch zusammengestellten Erscheinungen folgt, daß das Barometer allgemein dann am niedrigsten stehe, wenn die Abweichung der Sonne mit der Breite des Ortes gleichnamig ist. Aber der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande wird desto geringer, je weiter wir uns vom Aequator entfernen. Diese Erscheinung hat nach Buch ihre sehr bestimmten Grenzen. Nicht allmählig, sondern im

Digitized by Google

scharfen Uebergange ist sie verschwunden, und in der scheinbaren Unregelmäßigkeit der weiter gegen die Pole hin eintretenden Barometerhöhen offenbart sich die gemäßigte Zone.

Die regelmäßigen Schwankungen des Barometers finden im Allgemeinen je näher am Aequator desto bemerklicher statt, und überwiegen dort diejenigen Schwankungen, welche durch Veränderungen der Witterung erzeugt werden, und welche man, weil man noch kein allgemeines Gesetz der Witterung gefunden hat, unregelmäßige Schwankungen nennt. Bei uns herrschen die letzteren vor, und sind zugleich der Grund, warum wir die regelmäßigen Schwankungen mit so geringer Schärfe beobachten können. Da sie überdieß viel bedeutender sind als die regelmäßigen Schwankungen, so kommt es, daß überhaupt näher den Polen viel bedeutendere Abweichungen vom mittleren Barometerstande statt finden, als in der Nähe des Aequators. Den Unterschied des höchsten und niedrigsten Barometerstandes setzt Buch unter den Aequator = 4 Lin.; in Paris = 20 bis 24 Lin.; in Petersburg = 30 bis 36 Lin. Bei großen Stürmen sinkt dagegen in den Tropen das Barometer bedeutender als in höheren Breiten. Rochon sah dasselbe im J. 1771 auf Isle de France 25 Lin. sinken, und im Japanischen Meere einmal sogar 30 Linien. Aus den Beobachtungen von Chanvallon auf Martinique, von Escolar auf Teneriffa, von Calandrelli in Rom, von Beguellin in Berlin, von Prosperin in Upsala und von Naezén in Umeo hat Buch folgende Tabelle der Abweichungen im Mittel nach par. Lin. mitgetheilt.

Mittel aus	Martin. 15° 40′	Teneriffa 28° 20′	Rom 41° 53′	Berlin 52° 31′	Upsala 59° 40′	Umeo 63° 50′
Jahren.	1	3	20	5	12	3,5
Januar	—	7,033	11,24	16,18	15,99	16,05
Februar	—	5,627	10,215	15,45	15,34	18,42
März	—	5,345	9,540	13,90	15,13	16,40
April	—	4,500	7,960	11,16	13,40	12,80
Mai	—	3,150	7,035	9,48	11,82	14,47
Juni	—	1,870	4,895	7,64	9,93	10,74
Juli	1,33	2,060	4,225	7,94	8,29	8,00
August	2,50	2,060	4,075	7,34	9,81	10,59
September	3,00	2,250	5,700	11,28	11,61	14,63
Oktober	2,00	3,657	7,610	11,04	14,29	16,6
November	2,25	3,376	8,690	14,40	16,27	15,62
December	2,66	4,220	10,150	14,22	15,32	18,05

Was nun diese unregelmäßigen Schwankungen des Barometers betrifft, so läßt sich im Allgemeinen das Gesetz aufstellen, daß das Barometer steigt, wenn das Thermometer sinkt, und umgekehrt jenes fällt, wenn dieses steigt. Ausnahmen finden natürlich schon darum statt, weil der Druck der Atmosphäre zunehmen kann, ohne daß Abnahme der Wärme statt findet, ja diese kann sogar ein wenig zunehmen. Da die Veränderung des Luftdruckes eine Folge der Temperatur ist, so ist es natürlich, daß die Veränderung am Thermometer der am Ba-

Digitized by Google

rometer vorangehet. Besonders im Winter (vermuthlich wegen des geringeren störenden Einflusses des Dampfes) kann man mit ziemlicher Bestimmtheit darauf rechnen, daß, wenn die Temperatur schnell steigt, bald darauf das Barometer sinken werde.

Entsprechend ist auch die Bemerkung, welche schon ältere Physiker gemacht haben, daß im Allgemeinen bei südlichen Winden der Luftdruck am kleinsten, bei nördlichen Winden dagegen am größten sei. Dieß geht auch aus folgender Tabelle hervor, welche die Barometerstände bei den verschiedenen Winden angibt.

Wind	London	Middelburg	Hamburg	Copenhagen	Apenrade	Paris
N.	336‴,55	338‴,06	336‴,4	338‴,91	336‴,16	336‴,50
NO.	7,22	7,67	6,8	9,18	7,15	6,68
O.	6,43	7,58	6,3	8,54	6,69	5,68
SO.	5,50	5,57	6,2	6,64	7,14	4,26
S.	4,41	3,93	4,9	6,70	4,25	3,87
SW.	4,80	4,45	4,6	6,51	5,16	4,03
W.	5,70	6,05	5,5	7,38	6,24	4,94
NW.	6,03	6,48	6,2	8,45	6,45	5,92
Mittel	5,83	6,22	5,9	7,91	5,92	5,23

Wind	Minden	Berlin	Wien	Ofen	Moskau	Stockholm
N.	336‴,97	336‴,32	332‴,43	329‴,81	329‴,40	335‴,98
NO.	7,07	6,62	2,09	30,29	30,28	6,41
O.	6,83	6,36	0,60	29,48	29,77	5,71
SO.	5,35	4,55	1,72	30,62	28,81	4,57
S.	4,54	3,06	1,47	28,87	28,32	4,20
SW.	4,81	3,61	0,65	28,27	28,19	4,30
W.	5,39	5,13	0,63	29,24	28,51	5,15
NW.	6,97	5,85	2,10	29,70	28,82	5,38
Mittel	5,99	5,14	1,49	29,49	29,01	5,21

Aus dieser Tabelle sieht man deutlich, daß das Barometer bei Nord- und Nordostwinden am höchsten, bei Süd- oder Südwestwinden am niedrigsten steht, und zwischen beiden ein mehr oder weniger regelmäßiger Uebergang statt findet. Dieses stimmt überein mit dem vorher aufgestellten Gesetz, daß ein Sinken des Thermometers gewöhnlich mit einem Steigen des Barometers und umgekehrt verbunden sei, indem die Nordwinde, bei denen das Barometer steigt, kalt, die Südwinde, bei denen es fällt, warm sind. Daß indeß die Wärme nicht die einzige Ursache dieser Erscheinung sei, sieht man daran, daß sowohl in London als in Paris der Südostwind wärmer als der Südwestwind ist, nichtsdestoweniger aberdas Barometer bei jenem höher als bei diesem steht.

Es kann als ausgemacht angesehen werden, daß die Schwankungen des Barometers an höher gelegenen Orten minder bedeutend sind

als in niedriger gelegenen. Dieß wird schon durch die Betrachtung bestätigt, daß in höher gelegenen Orten der Druck der Atmosphäre überhaupt geringer sei. Die neuesten Beobachtungen, welche Kämtz und Horner zu Zürich und auf dem Stigi Culm angestellt haben, zeigen, daß die täglichen Schwankungen in der Tiefe fast doppelt so groß sind, als in der Höhe, welches Kämtz der stärkern Erwärmung in den Luftschichten zunächst über der Ebene zuschreibt.

Kämtz hat diejenigen Linien, welche gleiche mittlere Barometerschwankungen haben, durch Linien verbunden, melche er isobarometrische Linien (v. d. griech. ἴσος gleich) nennt. Sie gehen mit den Breitenkreisen nicht parallel; ihre Betrachtung lehrt Folgendes.

1) Die Oscillationen am Aequator sind sehr klein; könnten wir dieselben so bestimmen, daß gehörige Rücksicht auf die regelmäßigen Bewegungen am Tage genommen würde, so fänden wir vielleicht kaum die Größe von 1‴; aber die Messungen in niedern Breiten sind in so geringer Zahl vorhanden, daß sich noch nichts Bestimmtes hierüber sagen läßt. Im indischen Meere scheinen sie aber weit bedeutender zu sein als an der Westküste des alten Festlandes und in Amerika.

2) Die isobarometrische Linie von 2‴ schneidet Nordamerika in der Hondurasbai, geht von hier ziemlich genau nach Osten, erreicht Afrika nördlich von dem grünen Vorgebirge, hebt sich dann nach Norden, geht in der Nähe von Assuan in Aegypten fort, senkt sich später nach Süden, und verschwindet im indischen Meere, wo sie den Aequator berührt.

3) Die isobarometrische Linie von 4‴ schneidet die Ostküste Amerika's östlich von Zacatecas, hebt sich von hier nach Norden, erreicht die Westküste Afrika's zwischen dem Cap Bojador und den canarischen Inseln, geht durch den nördlichen Theil von Fezzan, das Delta des Nils, zwischen Bagdad und Bassora hindurch, senkt sich dann stark nach Süden und geht in der Nähe von Calcutta vorbei.

4) Die isobarometrische Linie von 6‴ berührt den nördlichen Theil des mexicanischen Meerbusens, erreicht das alte Festland im nördlichen Theile von Fez, geht durch Sicilien, erreicht in der Nähe des caspischen Meeres ihren nördlichen Scheitel und senkt sich weiter östlich nach Süden.

5) Die isobarometrische Linie von 8‴ geht durch den südlichen Theil der Chesapeake-Bai, hebt sich schnell gegen Norden, läuft durch den nördlichen Theil der pyrenäischen Halbinsel, und dieses Aufsteigen nach Norden scheint bis ins Innere Asiens fortzudauern.

6) Die isobarometrische Linie von 10‴ schneidet die Ostküste Amerika's in der Nähe von Boston, die Westküste Europa's nördlich von den Mündungen der Loire, steigt von hier immer weiter nördlich, indem sie in der Nähe von Würzburg und Orel vorbeigeht, und erreicht ihren höchsten nördlichen Scheitel in der Nähe von Krasnojarsk in Sibirien.

7) Die isobarometrische Linie von 12‴ schneidet die Ostküste von Amerika in Neu-Braunschweig, erreicht die Westküste von Europa in der Nähe von London, geht durch den südlichen Theil von Schweden, zwischen Nowgorod und Petersburg hindurch und scheint beim heiligen Vorgebirge (C. Taimura) die Küste des sibirischen Eismeeres zu erreichen.

8) Die isobarometrische Linie von 14‴ geht durch den südlichen

Digitized by Google

Theil von Labrador, den nördlichen Theil von Schottland, die Südspitze von Norwegen, läuft nördlich von Umeo fort und bewegt sich von hier schnell nach Norden.

Für die höheren Breiten läßt sich die Biegung der isobarometrischen Linien nicht so genau bestimmen, weil es bis jetzt noch keine direkten Messungen für die bedeutenderen Schwankungen in denselben gibt.

Es ist schon früher von dem Einfluß der in der Atmosphäre befindlichen Feuchtigkeit auf den Stand des Barometers die Rede gewesen. Vergleicht man die Angaben des Barometers mit denen des Hygrometers (Feuchtigkeitmessers), so scheint ersteres vorzüglich dann zu sinken, wenn letzteres eine größere Feuchtigkeit angezeigt und umgekehrt. Um diesen Zusammenhang zu erklären, nimmt Deluc an, daß die Wasserdämpfe Ursache hiervon sind. Da sie leichter sind als die Luft, so steigen sie in dieser in die Höhe; wenn nun eine gegebene Luftmasse eine Menge von Dämpfen aufnimmt, so wird ihr Volumen dadurch vergrößert, es kann kein Gleichgewicht mehr statt finden, ein Theil der oberen Massen lagert sich über die benachbarten Schichten, welche dadurch einen Zuwachs erhalten, und während dort also das Barometer sinkt, so steigt es hier.

Sauſſure erinnert, daß das specifische Gewicht der völlig trokkenen Luft zu der völlig feuchten sich wie 765:761 verhalte, mithin das Aufsteigen des Wasserdampfes das Gewicht der Luft nur um $\frac{4}{765}$ vermindern, und also nur 2 Linien Barometerveränderung bewirken könne, wodurch allerdings Deluc's Ansicht widerlegt wird.

Gegen Deluc's Ansicht erklärt sich auch Kämtz. Bei derselben Spannung, sagt er, wiegt allerdings ein gegebenes Volumen feuchter Luft weniger als trockne. Wenn aber in der freien Atmosphäre bei ruhiger Luft Wasser verdunstet, so steigen die Dämpfe in die Höhe, ohne durch ihre Elasticität und ihr Gewicht auf die Bewegung der Luft Einfluß zu haben. Der Druck der Atmosphäre ist durch diesen Vorgang um das Gewicht des Wasserdampfes vermehrt worden, das Barometer steht unter übrigens gleichen Umständen in feuchter Luft höher als in trockner. Hiergegen scheint zu sprechen, daß die Dampfmenge bei denjenigen Winden am größten ist, bei denen das Barometer am niedrigsten steht und umgekehrt; aber die Winde, welche bei uns den meisten Regen bringen, sind zugleich diejenigen, bei denen das Thermometer am höchsten steht. Durch ihren Dampfgehalt suchen die südlichen Winde das Barometer zu erheben, durch ihre Temperatur es herabzudrücken; da indessen die letztere Ursache weit mächtiger wirkt, so nimmt der Luftdruck in der That ab, die Temperatur ist also die wichtigste Ursache, aus welcher bei Seewinden (obschon sie viele Feuchtigkeit mit sich führen) Sinken des Queckſilbers statt findet; in anderen Gegenden können die Verhältnisse ganz anders sein. So hat Flinders in einem Aufsatze über die Bewegungen des Barometers an den Küsten von Neu-Holland gezeigt, daß außerhalb der Tropen die vom festen Lande wehenden Winde stets Sinken des Barometers verursachten, welches seinen Grund darin hat, daß alle Landwinde von den Küsten jener Insel durch eine ungewöhnlich hohe Temperatur sich auszeichnen.

Digitized by Google

Fallen des Barometers kann zwar in vielen Fällen Regen verkündigen, sehr häufig aber wird man sich auch täuschen, wenn man darauffolgenden Regen erwartet. Nach Poleni wurden in Padua in zwölf Jahren unter 1175 Regen 758 durch das Fallen des Barometers angezeigt; van Swinden zu Franecker im J. 1778 beobachtete, daß eben so viel Barometerbeobachtungen wahr als falsch waren. Namentlich im Sommer pflegt das Barometer bei Regen wegen der eintretenden Temperaturerniedrigung zu steigen. Dieß bemerkt man besonders bei schnell eintretenden Regenschauern und Gewitterregen, wobei eine Anhäufung der Luftmassen statt findet, welche, wenn sich das Gewitter dem Zenith des Ortes nähert, ein Steigen des Barometers bewirkt. Dieses hat Kämtz bei fast 40 Gewittern und Regenschauern, die er seit 1827 bis 1832 beobachtet, fast immer bestätigt gefunden.

Da die westlichen und südlichen Winde in der Regel Regen bringen, und bei diesen Winden das Barometer sinkt, so trifft natürlich niedriger Barometerstand und Regen häufig zusammen. Da Niederschläge auch dann entstehen können, wenn kalte Nordwinde auf feuchte Luftmassen treffen, so kann es indeß auch bei hohem Barometerstande regnen, wie schon Hutton bemerkt hat.

Wenn das Barometer nicht einen Stand hat, welcher tief unter dem, dem gleichzeitigen Winde entsprechenden mittleren liegt, so darf man, wie Buch aus seinen Untersuchungen folgert, keinen anhaltenden Regen erwarten.

Ein besonders auffallendes Sinken des Barometers findet bei Stürmen statt, daher ist namentlich auf dem Meere die Beobachtung des Barometers von größter Wichtigkeit. Krusenstern schreibt die Sicherheit, womit er den Gefahren eines Sturmes jederzeit die geeignetsten Maßregeln entgegenstellte, hauptsächlich den beharrlichen Barometerbeobachtungen zu, und Scoresby versichert, daß er die Zeit und Stärke der Stürme aus dem Verhalten des Barometers mit einer unter 18 Malen 17 Male zutreffenden Gewißheit vorausgesagt habe. Mit gleicher Gewißheit kann man nach Flinders auch an den Küsten von Neuholland aus dem Barometerstande auf die Richtung und Stärke der nahe bevorstehenden Winde schließen. Krusenstern beobachtete im Japanischen Meere ein Sinken des Barometers von 30 Linien in 5 Stunden, worauf ein unerhört heftiger Sturm folgte. Zuweilen treten indeß sehr heftige Stürme bei nur geringem Sinken des Barometers ein. Humboldt erzählt, er besitze 56 Barometerbeobachtungen, welche der Schiffscapitain Don Tomas de Ugarte während des fürchterlichen Orkanes am 27. u. 28. August 1794 fast von Stunde zu Stunde in der Havannah anstellte, wobei das Quecksilber zur Zeit der höchsten Wuth des Sturmes nur um 5 Linien sank. Auch verkündet nicht immer ein ungewöhnlich tiefer Barometerstand Sturm. Brandes sagt, „wenn man die an verschiedenen Orten angestellten Beobachtungen vergleicht, so findet man immer eine Gegend von nur geringer Ausdehnung, wo das Barometer am tiefsten unter dem Mittel stand, und von diesem Punkte des tiefsten Standes ausgehend, findet man (so weit

die Beobachtungen gestatten, diesen Schluß allgemein auszusprechen), nach allen Seiten hin den Barometerstand nach und nach höher; gegen diesen Ort des kleinsten Druckes zu aber den Wind der entlegenen Gegenden gerichtet, so als ob die Luft von allen Seiten her diesem Punkte des kleinsten Luftdruckes zuströmte. Als ein Beispiel, wo sich diese Abnahme des tiefen Barometerstandes fast nach allen Seiten hin nachweisen läßt, will ich hier den 12. März 1783 erwähnen, wo das Centrum der tiefen Barometerstände in der Schweiz lag, wo in Deutschland östlicher Wind herrschte, während ein wüthender Orkan aus Südwest sich vom Sicilianischen Meere über Neapel nach dem Adriatischen Meere ausbreitete. Wenn man die am Morgen des 12. März beobachteten Barometerstände vergleicht, so findet man das Barometer auf dem St. Gotthard $11\frac{1}{2}$ Linien unter der Mittelhöhe, in Padua, München und Genf 10 Linien, in Regensburg, Würzburg, Mannheim und Bologna 9 Linien, in Marseille, Dijon und Prag $8\frac{1}{2}$ bis 8 Linien, am Fuße der Pyrenäen, in Wien und Rom 7 Linien, in Rochelle, Düsseldorf, Göttingen und Berlin 6 bis $5\frac{1}{2}$ Linien, in Ofen und Middelburg 4 Linien, in Portugal 3 Linien, in Kopenhagen 1 Linie unter der Mittelhöhe, in Stockholm und Petersburg stand es ungefähr auf der Mittelhöhe, in Spydberga (in Norwegen) und Torneå 3 Linien, in Moskau 8 Linien über der Mittelhöhe. Die Beobachtungen sind hier zu mangelhaft, um das Entstehen und weitere Fortrücken dieses Ortes des schwächsten Luftdruckes genau anzugeben; ich führe daher noch ein neueres, genau von mir untersuchtes Beispiel an. Am 24. und 25. Dec. 1821 fiel das Barometer zu einer so ungewöhnlichen Tiefe in ganz Deutschland und Frankreich, daß diese Erscheinung die Aufmerksamkeit selbst der Unkundigen erregte. In Boulogne am Kanal, wo schon am 24. Dec. in den Morgenstunden das Barometer 10 Linien unter der Mittelhöhe stand, fiel es in 20 Stunden noch um $12\frac{1}{2}$ Linie, so daß es eine Tiefe von $22\frac{1}{2}$ Linien unter der Mittelhöhe, am 25. Dec. vor Tage erreichte. In Nantes war der tiefste Stand schon in den Nachmittagsstunden des 24. Dec. eingetreten, in Holland und Deutschland wurde erst um Mittag des 25. Dec. der tiefste Barometerstand beobachtet, in Norwegen, Preußen und Polen am 25. Dec. Abends, in Petersburg und Åbo erst am 26. Dec. Und während so ein ungewöhnlich geringer Luftdruck gegen Osten hin fortrückend stattfand, wurden die südlichen Küsten Frankreichs und Oberitaliens von einem fast unerhörten Orkane betroffen, der in Genua und Venedig große Verheerungen auf dem Meere und auf dem Lande anrichtete; in Boulogne aber und an den französischen Küsten des Canals, wo das Barometer am tiefsten stand, blieb die Luft ruhig, und auch in Holland ist wenigstens kein auffallender Sturm beobachtet worden. Aber auch hier war das Barometer höher rund um jene Orte des tiefsten Standes herum, so daß es gleichzeitig folgende Höhen unter dem Mittel erreichte. In Dieppe, Boulogne, London 21 bis 22 Linien, in Schottland, in Harlem und Paris $17\frac{1}{2}$ bis $18\frac{1}{2}$, in Altona, Cöln, Heidelberg 14 bis 15, in Bergen (in Norwegen), Berlin, Gotha, Augsburg, Zürich, Genf 12 bis 13 Linien, in Christiania, Danzig, Cra-

Digitized by Google

cem, Mailand 8 Linien, in Petersburg und Unter-Italien (Molfetta) $2\frac{1}{2}$ bis 3 Linien unter dem Mittel.“

Noch ist einer merkwürdigen Erscheinung zu gedenken, welche man zuweilen bei Barometern beobachten kann, nämlich das Leuchten der Barometer. Diese Erscheinung ist nach Hawksbee eine elektrische, welche durch Reibung der Queckſilbersäule an den Glaswänden erzeugt wird, und vorzüglich bei einer bestimmten Beschaffenheit des Glases der Röhre bemerkbar ist.

Baryum, (v. d. griech. βαρύς schwer), Plutonium, ein Metall von silberweißglänzender Farbe, das dehnbar und schwerer als Vitriolöl ist, in der Rothglühhitze schmilzt und bei noch höherer Temperatur sich verflüchtigt. Dieses Metall wurde zuerst von Davy hergestellt, indem er befeuchtetes Baryt-Hydrat zwischen die Pole einer starken Volta'schen Säule brachte und den negativen Pol mit einem Queckſilberkügelchen verband. Das erhaltene Amalgam wurde in einer verschlossenen Röhre geglüht und so das Queckſilber verjagt. Es ist sehr leicht oxydirbar. Mit Sauerstoff verbunden, kommt es vor als

Baryt, Schwererde, Baryumoxyd, welches von Scheele 1774 entdeckt wurde. Der Baryt ist eine grauweiße, leicht zerreibliche Masse von 4,00 specifischen Gewicht; er schmilzt nur vor dem Knallgebläse und im Brennpunkte des Brennspiegels, wobei er dunkelgrau wird. Er ist von alkalisch ätzender Wirkung, und giftig. Schwefelsäure und schwefelsaure Salze wirken als Gegengifte.

Der Baryt zieht mit großer Begierde das Wasser aus der Luft an; mit einem gleichen Mischungsgewicht Wasser verbindet er sich unter großer Erhitzung zu Baryt-Hydrat. Dieses ist ein weißes ätzendes Pulver, schmilzt in schwacher Rothglühhitze zu einer weißen Masse von kryſtallinischem Gefüge und läßt durch Glühen das Wasser nicht fahren. So wie der reine Baryt zieht es mit Begierde Kohlensäure an. In 20 Theilen kalten und 2 Theilen kochenden Wasser ist es löslich. Die kalte, wäßrige gesättigte Lösung des Baryts heißt Barytwasser, welches wasserhell ist und alcalisch wirkt.

Mit Säuren bildet der Baryt die Barytsalze, welche farblos — zum Theil im Wasser unlöslich — und mit Ausnahme des schwefelsauren Baryts giftig sind.

Andere Verbindungen des Baryums sind der salpetersaure Baryt, welcher in weißen durchsichtigen Octaëdern kryſtallisirt; der salzsaure Baryt, der in weißen durchscheinenden geraden rhombischen Säulen oder Tafeln, zuweilen in doppelt achtseitigen Pyramiden, bei schnellem Verdampfen in dünnen Blättchen kryſtallisirt und giftig ist; Chlorsaurer Baryt, der in farblos durchsichtigen vierseitigen Säulen kryſtallisirt; der Jodsaure Baryt, ein weißes körnig-kryſtallinisches Pulver; das Schwefelbaryum, blaß, leberfarben, schwer löslich im Wasser, mit welchem es einfach hydrothionsauren Baryt gibt; der schwefelsaure Baryt oder Schwerspath, welcher natürlich in mäßig harten geschoben vierseitigen Tafeln und vielen abgeleiteten Gestalten kryſtallisirt vorkommt, geschmacklos, schwer, schmelz-

Digitized by Google

bar, feuerbeständig und im Wasser fast unlöslich ist; der kohlensaure Baryt, der als Witherit im Mineralreiche vorkommt; dieser krystallisirt in sechsseitigen Säulen an beiden Enden mit sechs Flächen zugespitzt, künstlich bereitet ist er ein zartes weißes Pulver, geschmacklos, giftig, feuerbeständig.

Basen, oder Salzbasen (v. d. griech. *βάσις* Grundlage) sind einfache Verbindungen (meist mit Sauerstoff), welche in ihren Eigenschaften den Säuren entgegengesetzt sind. Mit den Säuren bilden sie Salze und werden aus ihren Verbindungen mit denselben durch die Electricität am negativen Pole ausgeschieden. Sie verhalten sich also electro-positiv. Sie sind entweder anorganische oder organische Verbindungen. Man theilt sie ein in Alkalien, Erden und schwere Metalloxyde.

Bathometer (v. d. griech. *βάθος* Tiefe und *μέτρον* Maß), ein Instrument, um die Tiefen des Meeres zu messen. Diese Messung geschieht gewöhnlich unmittelbar mit der Sonde. Diese ist eine starke hänfene Schnur, welche mit kleinen Lappen bunten Zeuges von Klafter zu Klafter eingetheilt ist, an welcher ein cylindrisches Bleigewicht von 20 bis 50 Pfund hängt. Um die Beschaffenheit des Bodens im Meere kennen zu lernen, welches zu Bestimmung der geographischen Lage des Schiffes dienlich sein kann, macht man in den Boden des Gewichtes eine Höhlung, welche man mit Talg ausfüllt; in diesen drückt sich dann ein Theil der auf dem Grunde des Meeres liegenden Körper (Steine, Muscheln, Schlamm) ein und wird mit dem Gewichte heraufgezogen. Das Heraufziehen der langen Leine ist indeß sehr beschwerlich, wegen des an derselben anhängenden Wassers, und dadurch bewirkter Reibung der Wassertheile an einander. Zudem erhält beim Fortrücken des Schiffes die Leine eine schiefe oder gekrümmte Richtung, wodurch die Bestimmungen ungenau werden.

Das brauchbarste Instrument dieser Art gab Hook an. Es besteht aus zwei an einander gehängten Körpern, wovon der eine specifisch schwerer, der andere specifisch leichter ist als Wasser. Läßt man sie ins Wasser, so macht sich der leichtere alsogleich vom schwereren los, sobald er den Meeresboden erreicht hat, und steigt in die Höhe, so daß man aus der Zeit, welche verfloß vom Augenblicke des Untersinkens bis zum Emportauchen, die Tiefe berechnen kann.

Lenz nennt ein von Parrot angegebenes Instrument Bathometer, dessen Bestimmung ist, Wasser aus dem Grunde des Meeres heraufzuholen, um es seiner Temperatur und seinem Salzgehalte nach zu untersuchen und mit Hülfe dessen er bei Gelegenheit der Reise um die Welt von Kotzebue 1823—26 Beobachtungen angestellt hat. Es besteht wesentlich aus einem hohlen Gefäße, welches mit schlechten Wärmeleitern umgeben und oben und unten mit Ventilen versehen ist, die sich beim Hinablassen ins Meer öffnen und beim Heraufziehen schließen, und ist bis auf einige dienliche Abänderungen wesentlich schon von Hales angegeben worden.

Digitized by Google

Batterie (franz. v. battre schlagen) ist eine Vorrichtung zu Hervorbringung eines starken elektrischen Schlages, bestehend aus einer Anzahl Leidener Flaschen oder Franklin'scher Tafeln, deren innere und deren äußere Belegungen alle unter einander durch Leiter der Electricität mit einander in Verbindung gesetzt sind. (Vergl. d. Art. Säule, electrische.)

Den Namen hat diese Vorrichtung von Franklin, welcher, um den electrischen Schlag zu verstärken, elf viereckige Glastafeln verband, und dieß eine electrische Batterie nannte. Die Batterien aus Flaschen haben vor denen aus Glastafeln den Vorzug, daß sie weniger zerbrechlich sind und ihren Zweck, eine größere Menge Electrizität zu sammeln, besser erfüllen. Die Wirkung einer electrischen Batterie ist dieselbe wie die einer sehr großen Leidener Flasche, doch ist eine Batterie schon darum vorzuziehen, weil man durch Hinwegnahme oder Hinzufügung einzelner Flaschen die Gewalt derselben nach Belieben vermindern oder verstärken kann. Die Gewalt einer Batterie aus Flaschen bestimmt man nach der Menge und Größe der Flaschen, aus denen sie besteht. Wenn z. B. jede Flasche 1 Quadratfuß belegte Glasfläche hat, so wird eine Batterie von 15 solchen Flaschen eine Batterie von 15 Quadratschuhen genannt.

Die Anfertigung einer Batterie aus Flaschen geschieht in folgender Art. Man nimmt eine beliebige Anzahl von Leidener Flaschen und stellt diese in einen viereckigen Kasten von Holz, dessen Boden mit Blei oder Stanniol belegt ist, zusammen. Da, wenn man nicht die gehörige Vorsicht anwendet, sich zuweilen eine der Flaschen von selbst entladet, und dabei zerbrochen wird, so thut man wohl, damit nicht auch die nebenstehende Flasche bei unmittelbarer Berührung zugleich mit zerbrochen werde, den Kasten durch etwa 0,5 Zoll dicke Querleisten in so viel einzelne Fächer zu theilen, als man Flaschen hat, und in diese Fächer sodann die Flaschen einzusetzen. Jede von den cylindrischen Flaschen (Fig. 68.) ist mit einem mit Siegellackfirniß überzogenen Deckel verschlossen, durch welchen ein mit ihrer inneren Seite verbundener messingener Stab hervorgeht, der oben rund um den Draht EE gebogen, oder noch besser an denselben angelöthet ist. Man kann diesen Draht auch mit einem Knopfe versehen, der quer durchbohrt ist, wo denn der Draht EE durch die Löcher der vier in einer Reihe stehenden Flaschen hindurchgesteckt wird. Jeder Draht EE verbindet so die innere Seite von vier Flaschen und hat an jedem Ende einen Knopf. Durch die Drähte FFF können die inneren Seiten aller sechszehn Flaschen mit einander verbunden werden. Jeder von denselben hat an dem einen Ende einen Ring, durch welchen einer von den Drähten E geht, an dem andern Ende aber einen messingenen Knopf. Da jeder derselben sich um den Draht E, der durch seinen Ring geht, bewegen läßt und auf den nächsten Draht E aufliegt, so kann man ihn leicht von diesem wegnehmen und auf den entgegengesetzten Draht E auflegen, und auf diese Art kann man die Verbindung einer Reihe Flaschen mit der andern nach Belieben aufheben und entweder die ganze Batterie oder nur drei, zwei oder eine einzige Reihe von Flaschen gebrauchen. Man kann

Digitized by Google

die Verbindung auch durch einen quergehenden Draht, der durch die Löcher der Endknöpfe der vier, je eine Reihe von Flaschen verbindenden Drähte hindurchgesteckt wird und auf dessen beide Enden gleichfalls Knöpfe aufgeschraubt werden, zu Stande bringen. Der Kasten selbst hat an zwei an einander gegenüberstehenden Seiten Handhaben, an welchen man ihn von einem Orte zum andern tragen kann. In der einen Seite ist ein Loch, durch welches ein eiserner Haken geht, der mit der metallischen Belegung des Bodens und also mit der inwendigen Belegung der Flaschen verbunden ist. An diesem Haken hängt ein Draht, der mit dem andern Ende an dem Auslader befestigt wird.

Die stärkste aller Batterien, welche noch zusammengesetzt worden sind, ist die von van Marum, welche zu der großen Electrisirmaschine gehört, welche die Teylerische Stiftung zu Haarlem besitzt. Anfänglich bediente er sich 9 einzelner Batterien, deren jede aus 15 Flaschen von je 1 Quadratschuh Belegung bestand. Diese 9 Batterien wurden wiederum unter einander verbunden, so daß das Ganze eine Batterie von 135 Quadratschuhen gab. Zu diesen 9 einzelnen Batterien fügte er darauf noch 6 eben so große, so daß er nun bei Verbindung der 15 einzelnen Kasten eine Batterie von 225 Quadratschuhen hatte. Diese wurde durch 160 Umdrehungen der Maschine vollständig geladen. Mit dieser Batterie spaltete er einen Buchsbaumcylinder von 16 Quadratzoll, und berechnete darnach die Gewalt der Maschine zu 10050 Pfund. Eine noch größere Batterie endlich, welche van Marum verfertigte, besteht, so wie sie noch jetzt in der Teylerischen Sammlung aufbewahrt wird, aus 100 Flaschen, jede von 12″ Durchmesser und 22½ — 23″ Höhe. Die Gläser selbst sind cylindrisch, bis ungefähr 4″ unterhalb ihrer Oeffnung, deren Weite ungefähr 5″ ist. Sie sind bis ungefähr 4 Zoll unterhalb dieser mit Stanniol überzogen, so daß sie also in einer Höhe von 18½ — 19″ belegt sind, die belegte Oberfläche jeder Flasche folglich 5½ Quadratfuß beträgt. Diese 100 Flaschen sind in 4 Kasten von gleicher Größe vertheilt, wovon also jeder 25 Flaschen enthält. Jeder Kasten ist durch Leisten von ½ Zoll Dicke in 25 Fächer abgetheilt, aus dem oben angegebenen Grunde. Die Verbindung von je 25 Flaschen ist so eingerichtet, daß jede Flasche einzeln herausgenommen, und wenn sie etwa durch eine Selbstentladung durch ihre Glaswand zerbrochen wäre, schnell ersetzt werden kann. Ein senkrechtes Rohr befindet sich nämlich auf der Mittelflasche jedes Kastens an seinem oberen Ende mit einer Kugel von 6″ Durchmesser versehen, die rund um 24 Löcher hat, in welche die einen Zoll dicken metallenen Röhren hineinpassen, deren untere Enden von den Kugeln, in welchen die Zuleiter der übrigen 24 Flaschen endigen, aufgenommen werden. Diese Kugeln von 3″ im Durchmesser haben zu diesem Behufe Löcher von 0,25 Zoll und die Röhren sind an ihren unteren Enden mit Zapfen versehen, die in diese Oeffnung hineinpassen. So kann man jede Flasche (mit Ausnahme der Mittelflasche) einzeln herausnehmen, ohne daß die Verbindung der übrigen untereinander etwas gestört wird, indem man das Rohr aus seiner Kugel herausnimmt, welches sehr leicht geschieht, wenn man sein oberes Ende so weit in die größere Mittel-

Digitized by Google

kugel hineinschiebt, daß der Zapfen am unteren Ende aus der Oeffnung der Kugel der Flasche selbst herausgeht. Die Verbindung dieser 4 Batterien, die aber auch einzeln, und wie aus dem Bisherigen erhellt, auch mit einem beliebigen Theile ihrer Flaschen bis auf eine einzige herab gebraucht werden können, zu einer einzigen geschieht durch 4 kupferne Röhren von zwei Zoll Durchmesser, die in eine kupferne Kugel von 6 Zoll Durchmesser eingeschraubt sind, so daß sie ein Kreuz bilden; die andern Enden dieser Röhre sind mit dicken Kupferplatten versehen, in ihrer Mitte mit einem Loche durchbohrt, durch welches die nämliche Schraube geht, die am Ende der Röhre jeder Mittelflasche der vier Batterien sich befindet, und auf welche Messingkugeln von 12'' Durchmesser aufgeschraubt werden. Die Zuleitung geschieht durch zwei Metallröhren, welche von den Kugeln des Einsaugers ausgehen, und in die zwei der Maschine nächsten großen Kugeln der Mittelflaschen eingesteckt werden. Beim Gebrauche wird auf eine andere dieser vier Kugeln ein Adamsches Ausladeelectrometer aufgesteckt. Der angegebene beträchtliche Durchmesser der Verbindungsröhre und Kugeln hindert alles Ausströmen der Electricität bei Zunahme der Ladung. Diese Riesenbatterie entsprach auch in ihren Wirkungen vollkommen ihrer Größe. Von einem Eisendrathe von $\frac{1}{40}$ Zoll Durchmesser, von welchem die Batterie von 225 Quadratfuß Belegung 10'' geschmolzen hatte, schmolz diese Batterie von 550 Quadratschuh nicht bloß $24\frac{1}{2}$'', sondern zerstäubte denselben in glühende Kügelchen. Eine Hauptverbesserung der Flaschen dieser Batterie bestand in der Art, wie die Verbindung mit der innern Belegung gemacht ist.

Was die Batterien aus Glastafeln betrifft, so haben sie den Vortheil, daß sie einen bei weitem kleinern Raum als die Batterien aus Flaschen einnehmen. Man kann nach Bohnenberger die Glastafeln in die Einschnitte oder Nähte zweier über einander in der gehörigen Entfernung befindlicher Bretchen schieben und die positive Belegung der einen Seite der Glastafel bis auf den einen Rand derselben verlängern, auch noch etwas über denselben weggehen lassen, so daß sie alle zusammenstoßen, und ebenso mit der negativen Belegung auf der andern Seite verfahren. Die Glastafeln brauchen in keiner größern Entfernung von einander als 0, 75 Zoll gebracht zu werden. Verbindet man dann nur die positive Belegung einer der Glastafeln mit dem Zuleiter der Elektrisirmaschine, so würden auf diese Weise alle Glastafeln geladen werden, wenn die entgegengesetzten Belegungen mit dem Erdboden in Verbindung ständen. Hiergegen bemerkt Pfaff, daß das obere Bretchen, wenn es auch in wohlüberfirnißten Glassäulen, die in das untere Bretchen eingekittet sind, eingepaßt werde, dennoch zum Ausströmen Veranlassung gebe.

Eine sehr leicht herzustellende Batterie aus Glastafeln gibt Dana an, die jedoch Pfaff nur von geringer Wirksamkeit befunden hat. Er schichtet starke Glastafeln von gleicher und ähnlicher Größe mit Zinnfolie übereinander, nämlich Glasplatte, Zinnfolie, Glasplatte, wieder Zinnfolie und so fort, und zwar so, daß jede Schicht Zinnfolie rings um etwa zwei Zoll schmäler ist, als die Glasplatte, diese aber 12''.

Digitized by Google

Länge und Breite hatte. Der wechselnden Schichten waren sechs, und die unterste Glasplatte ruhte auf einer Tafel und stand mit dem Boden in Verbindung. Die Schichten von Zinnfolie, welche hier die Belegungen darstellten, waren wechselsweise durch Zinnstreifen unter einander verbunden, nämlich die erste Schicht mit der dritten und diese mit der fünften, die zweite aber mit der vierten, und diese mit der sechsten und obersten, welche zuletzt mit dem Conductor durch einen Draht im Zusammenhange stand. Auf diese Weise ward die eine Hälfte der Folienschichten positiv, die andere negativ geladen. Die Anordnung der einzelnen Theile (Figur 69.) ist folgende: a a a a a a Zinnfolie; b b b b b b Glasplatten, c verbindende Streifen von Zinnfolie für die 6., 4. und 2.; d verbindende Streifen von Zinnfolie für die 5., 3. und 1. Schicht. Oder aber es ist a der verbindende Streifen (Figur 70.) über dem Rande der Glasplatten für die erste, dritte und fünfte Schicht, b der Streifen, welcher die oberste Zinnfolie mit der vierten verbindet. Um die Feuchtigkeit abzuhalten und die Zinnfolienschichten völlig zu isoliren, überzieht man den mit Zinnfolie nicht bedeckten Rand mit einem Firniße.

Die Entladung der Batterien muß mittelst eines Ausladers geschehen, welcher vollkommen isolirt, weil der Schlag von solcher Gewalt ist, daß er bei großen Batterien, wenn er einen Menschen trifft, sogar lebensgefährlich werden kann. Besonders bedient man sich des Henley'schen Ausladers (s. d. Art. Auslader), weil derselbe den Vortheil gewährt, daß man den Schlag in jeder beliebigen Richtung durch einen Körper hindurchleiten kann. Bei seiner großen Batterie bediente sich van Marum eines eigenen Ausladers. Auf einer in einen Dreifuß eingekitteten Glassäule ist eine Kugel von sechs Zoll im Durchmesser isolirt, von welcher ein langes kupfernes Rohr ausgeht, das in einem Charniere leicht beweglich und an seinem Ende mit einer Kugel versehen ist. Durch eine über eine hinlänglich entfernte Stelle gehende seidene Schnur kann es auf eine der großen Mittelkugeln der Batterie mit seiner Endkugel herabgelassen werden, um die Entladung zu bewirken. Mit der äußeren Belegung findet eine Verbindung durch ein ähnliches von jener kupfernen Kugel abwärtsgehendes kupfernes Rohr statt, das auf einer am Kasten der Batterie angebrachten Bleiplatte aufruht, zu welcher selbst vom Innern des mit Blei ausgefütterten Kastens ein starker Metalldraht führt. Wenn man einen Körper dem electrischen Schlage aussetzen will, so bringt man denselben in eine solche Stellung, daß er auf der einen Seite die Bleiplatte unten am Kasten der Batterie, auf der andern Seite das untere Ende jenes abwärts gerichteten kupfernen Armes des großen Ausladers berührt.

Ueber die Wirkungen, welche man durch electrische Batterien hervorbringen kann, s. d. Art. Electricität.

Bauchredner ist ein Mensch, welcher (wie man meint, mit Hilfe des Bauches) so zu sprechen versteht, daß die ihn Beobachtenden meinen, ein anderer von ihm verschiedener und entfernter Mensch rede.

Es ist gewiß, daß die Kunst des Bauchredens schon den Alten bekannt war. Schon in der Septuaginta wird derselben gedacht, wahr-

Digitized by Google

scheinlich wurden auch bei den Orakeln Bauchrednerkünste in Anwendung gebracht. In Griechenland muß es einen Bauchredner Eurikles gegeben haben, welcher sich seiner Kunst zum Wahrsagen bediente und von dem erzählt wurde, daß er einen Dämon (Geist) im Leibe gehabt habe. Von ihm hießen später alle Bauchredner Eurikles. Auch von den griechischen Aerzten wird von Bauchrednern gesprochen, und Galemus sagt: die Bauchredner (griech. Engastrimythen) hätten mit verschlossenem Munde geredet, wodurch es geschienen habe, als wenn sie aus dem Bauche redeten.

Die Bauchredner werden bei Ausübung ihrer Kunst sehr durch den Umstand unterstützt, daß sich das Gehör des Menschen so leicht täuschen läßt, indem das Gehör sehr schwer die Richtung, von welcher ein Schall kommt, unterscheiden kann. Spricht z. B. Jemand mit verstellter Stimme, besonders aus einiger Entfernung und ist eine andere Person in seiner Nähe, welcher diese Stimme angemessener scheint, so werden wir anzunehmen geneigt sein, daß die letztere Person spreche. Die Täuschung wird vollständig sein, wenn wir an der wirklich sprechenden Person keine Bewegung der Lippen wahrnehmen. Wie leicht sich das Ohr täuschen lasse, sehen wir schon daraus, daß sehr häufig auf dem Theater eine Person sich benimmt, als wenn sie ein in ihren Händen befindliches Instrument spiele, während dasselbe in der That hinter den Coulissen oder im Orchester gespielt wird. Macht der Schauspieler die gehörigen Bewegungen, so ist es leicht die Zuschauer so zu täuschen, daß sie glauben, er spiele in That selbst das Instrument. Großes Aufsehen haben in vielen Städten Europa's die Vorstellungen Alexanders gemacht. Dieser bewirkt die Täuschung nicht allein durch seine Bauchrednerkünste, sondern vorzüglich auch durch seine Gewandtheit und Schnelligkeit im Umkleiden, und durch die Kunst sich unsichtbar zu machen. Er tritt z. B. als betrunkener Kutscher auf das Theater, setzt sich auf einen Stuhl und legt sich fortwährend sprechend mit dem Kopfe auf einen seiner Arme, gleichsam um einzuschlafen, indeß zieht er sich unter dem Hute und aus dem Mantel unvermerkt heraus, gelangt durch eine Versenkung von der Bühne und während die Zuschauer glauben, er befinde sich noch in der Kleidung des Kutschers auf der Bühne, tritt er z. B. als reisender Gentleman auf die Bühne. Er kann sich nun sogar, indem er bald die Sprache des Engländers, bald die Sprache des betrunkenen Kutschers nachahmt, mit dem letzteren unterhalten, und die Zuschauer werden leicht zu täuschen sein, weil sie ja den Kutscher noch immer in seiner früheren Stellung da liegen sehen. Auch die Kunst, die Stimme so zu dämpfen, als wenn sie aus einem entfernten oder verschlossenen Orte käme, bewirkt leicht Täuschungen. So sehen wir Alexandern als einen fetten ältlichen Mann in einen Kasten kriechen, welchen er über sich zufallen läßt. Durch eine Versenkung von der Bühne entfernt tritt Alexander gleich darauf als ein magerer bartloser Bedienter auf, sucht den alten Herrn in seinem Versteck, spricht mit ihm, indem er die Stimme des alten Herrn so dämpft, als wenn sie aus dem Kasten käme; ja öffnet und schließt abwechselnd den Kasten, indem er zugleich bald mit gedämpfter, bald mit

Digitized by Google

hellere Stimme den alten Herrn reden läßt, dazwiſchen auch mit der Stimme eines Bedienten hineinredet.

Man erzählt ſehr viel Anekdoten von Bauchrednern, wie dieſelben ihre Kunſt theils zu ſcherzhaftem, theils zu böswilligem Betruge benutzt haben. Wir wollen nur einige mittheilen, welche zeigen, wie dieſe Kunſt zu vermeintlich übernatürlichen Dingen benutzt worden, und dadurch den Aberglauben zu befördern und zu beſtätigen gedient hat.

St. Gille, ein Gewürzkrämer von St. Germain en Laye, von deſſen Leiſtungen Abbé de la Chapelle Nachricht gegeben hat, flüchtete vor dem Ungemach des Wetters in ein benachbartes Kloſter, deſſen Mönche in tiefer Trauer über ein ſehr geſchätztes Mitglied ihrer Geſellſchaft waren, das erſt vor Kurzem beerdigt wurde. Beklagend am Grabe des hingeſchiedenen Bruders die geringe Auszeichnung, welche ſie ſeinem Andenken gewähren konnten, hören ſie plötzlich eine Stimme vom Chor herab, die den Zuſtand des Verſtorbenen im Fegefeuer beweint und der Brüderſchaft wegen ihres Mangels an Eifer Vorwürfe macht. Die Kunde dieſes übernatürlichen Ereigniſſes verſammelt alle Mönche in der Kirche. Die Stimme von oben wiederholt ihre Klagen und Vorwürfe, und der ganze Convent fällt nieder auf das Antlitz, gelobend den begangenen Fehler wieder gut zu machen. Demzufolge ſtimmen ſie in vollem Chor ein de profundis an, wo dann während der Pauſen der Geiſt des verſtorbenen Mönches ſeine Zufriedenheit mit ihren frommen Leiſtungen äußerte. Der Prior eiferte nachmals gegen die Zweifelſucht unſerer Tage an der Wahrheit von Geiſtererſcheinungen, und St. Gille hatte die größte Mühe die Brüderſchaft von dem ihr geſpielten Betruge zu überzeugen.

Ein anderer Bauchredner Ludwig Brabant, Kammerdiener von Franz I. hatte ein Liebesverſtändniß mit einer reichen Erbin angeknüpft, wurde jedoch von den Eltern des Mädchens, die dieſe Heirath für unpaſſend hielten, abgewieſen. Nach des Vaters Tode machte Ludwig der Wittwe einen Beſuch. Kaum hatte er das Haus betreten, als ſie die Stimme des verſtorbenen Gatten von oben erſchallen hörte, die ihr ſagte: „Gib meine Tochter dem Ludwig Brabant, der ein Mann von großem Vermögen und vortrefflichem Charakter iſt. Ich erleide die härteſten Qualen des Fegefeuers, weil ich ſie ihm verweigerte. Gehorche dieſer Ermahnung und ſchenke der Seele deines armen Gatten ewige Ruhe.“ Dieſem ehrwürdigen Befehle konnte nicht widerſtanden werden und die Wittwe erklärte ihre Einwilligung.

Als jedoch der junge Ehemann zu ſeiner neuen Einrichtung Geld brauchte, entſchloß er ſich durch Furcht auf einen gewiſſen Cornu, einen alten Banquier zu Lyon zu wirken, der durch Wucher und Erpreſſungen ein bedeutendes Vermögen erworben hatte. Er veranſtaltete eine Zuſammenkunft mit dem Geizhalſe, brachte das Geſpräch auf Dämonen und Geiſter und die Qualen des Fegefeuers. Als die Unterhaltung einige Zeit ſchwieg, ließ ſich die Stimme des verſtorbenen Vaters des Geizhalſes hören, der über ſeine unglückliche Lage im Fegefeuer wehklagte, und es ſeinem Sohne zur Pflicht machte, ihn daraus dadurch zu erlöſen, daß er die in türkiſcher Gefangenſchaft befindlichen Chriſten

loskaufe. Zugleich wurde dem von Schreck ergriffenen Geizhalse die ewige Verdammniß gedrohet, wenn er nicht auf diese Art eine Sühne für seine Sünden darbrächte. Der Geizhals hielt jedoch seinen Mammon mit starker Hand so fest, daß der Bauchredner zu einem zweiten Besuche genöthigt war. Bei dieser Gelegenheit wandte sich nicht bloß sein Vater, sondern alle seine verstorbenen Verwandten an ihn, daß er für das Heil seiner und ihrer Seelen sorgen möge. Diese Klagen waren so laut, daß die Seele des Banquiers besiegt wurde und er dem Bauchredner zehntausend Kronen gab, um die christlichen Gefangenen loszukaufen. Als späterhin der Geizhals enttäuscht wurde, so war die Kränkung für ihn so groß, daß sie ihm den Tod zugezogen haben soll.

Comte hat besonders großes Aufsehen gemacht. Unter andern veranlaßte er zu Tours daß Aufbrechen einer Bude, aus welcher ein vor Hunger Sterbender um Rettung bat, setzte in Rheims die Einwohner in Schrecken, als die Todten zu reden anfingen, ließ zu Nevers einen Esel reden und sich weigern seinen Führer länger zu tragen, heilte mehrmals Gemüthskranke durch das Austreiben der bösen Geister, verjagte einst aus einer Kirche eine Menge revolutionärer Bilderstürmer dadurch, daß er die Statüen reden und ihnen ihren Vandalismus vorwerfen ließ, rettete sich selbst aber im Canton Freiburg gegen die Bauern, welche ihn als Schwarzkünstler in einen Ofen werfen wollten, nur dadurch, daß er eine fürchterliche Stimme aus demselben erschallen ließ, wodurch die Eiferer verjagt wurden.

Wie im Alterthum so wird die Bauchrednerkunst auch noch in unsern Zeiten bei ungebildeten Völkern als Zauberei ausgeübt. So fand Capitain Lyon unter den Eskimaux von Igloolik Bauchredner von großer Geschicklichkeit. Er erzählt:

„Unter unsern Iglooliker Bekannten waren zwei weibliche und einige männliche Zauberer; unter letzteren war Toolemak der vornehmste. Dieser war verschlagen und verständig und wurde entweder wegen seines Standes oder der Erfahrung in der Jagd, oder vielleicht wegen beides, vom ganzen Stamme als ein Mann von Wichtigkeit betrachtet. Da ich stets seinen Ansichten in allem, was auf seinen Beruf Beziehung hatte, einen besondern Vorzug einräumte, so theilte er mir offen seine höheren Kenntnisse mit, und trug kein Bedenken, mir die Erlaubniß zu ertheilen, bei seiner Zusammenkunft mit Tornga, oder dem ihn beschützenden Geiste, zugegen zu sein. Dem zufolge ersuchte ich meinen Freund, mir sobald als möglich seine Geschicklichkeit in meiner Kajüte zu zeigen. Seine alte Frau war bei meiner Bitte zugegen und durch einige Schmeicheleien, das zufällige Vorzeigen eines glänzenden Messers und einiger Korallen, erwarb ich mir ihre Fürsprache. Es wurde alles verfinstert, der Zauberer richtete mit großer Heftigkeit einen Gesang an seine Frau; sie erwiederte dieß durch das Singen des Amna-aya, welches, so lange die Ceremonie dauerte, ununterbrochen fortgesetzt wurde. So weit ich durch das Gehör es unterscheiden konnte, fing er nochmals an, mit großer Heftigkeit sich im Kreise herumzudrehen, mit lauter kräftiger Stimme und Ungeduld Tornga herbeizurufen, wobei er zu gleicher Zeit wie ein Wallroß schnaubte und blies. Das

Digitized by Google

Geräusch, welches er machte, so wie seine Ungeduld und Heftigkeit, nahmen mit jedem Augenblicke zu. Zuletzt setzte er sich auf das Verdeck, veränderte seine Töne uud raschelte mit den Kleidern. Auf einmal schien die Stimme gedämpft, und wurde so behandelt, daß es schien als wenn er sich unter das Verdeck zurückziehe; sie wurde mit jedem Augenblicke ferner und zuletzt schien es, als wenn sie mehrere Fuß tief unter der Kajüte herkäme, worauf sie gänzlich verstummte. Die Frau antwortete auf meine Fragen: Er habe untergetaucht und würde jetzt Torngа heraufsenden. Dem gemäß hörte man nach einer halben Minute ein entferntes Blasen, welches sich langsam näherte und eine von der ersten verschiedene Stimme mischte sich zuweilen mit dem Blasen, bis endlich beide Töne deutlich wurden, und mir nun die alte Frau sagte: Tornga sei gekommen, meine Fragen zu beantworten. Ich that demzufolge mehrere Fragen an den scharfsinnigen Geist; auf jede derselben erfolgten zwei laute Schläge auf das Verdeck, das, wie mir gesagt wurde, ein günstiges Zeichen war."

„Eine sehr hohle, jedoch kräftige Stimme, ganz verschieden von den Tönen des Toolemak, sang jetzt einige Zeit und ein furchtbarer Wirrwarr von Zischen, Seufzen, Schreien und Kollern wie ein türkischer Hahn folgten rasch auf einander. Die alte Frau sang mit verstärkter Kraft, und da ich es für ausgemacht annahm, daß dieses alles geschehe, um den Kablorna in Schrecken zu setzen, so rief ich wiederholt: daß ich mich sehr fürchte. Dieß war, wie ich erwartete, Nahrung für das Feuer, bis endlich der arme Unsterbliche, durch seine eigene Macht erschöpft, um Erlaubniß bat, sich zurückzuziehen."

„Die Stimme nahm nach und nach ab, wie anfänglich und es folgte ein sehr undeutliches Zischen; beim weiteren Fortgange klang sie wie der Ton, welchen der Wind auf der Baßsaite einer Aeolsharfe hervorbringt. Dieser Ton verwandelte sich bald in ein rasches Zischen wie das einer Rackete und mit lautem Geheul verkündigte Toolemak seine Rückkehr. Bei dem ersten entfernten Zischen hielt ich meinen Athem an, und athmete zweimal aus; der Zauberer hingegen athmete nicht ein einziges Mal, und selbst das Geheul bei der Wiederkehr wurde ausgestoßen, ohne vorhergehenden Einhalt oder Einathmen der Luft."

„Es wurde Licht gebracht. Der Zauberer befand sich, wie man erwarten konnte, in einem starken Schweiß und durch seine Leistungen, die wenigstens eine halbe Stunde gedauert hatten, gewiß sehr erschöpft. Wir bemerkten jetzt ein Paar Büschel, von denen jeder aus zwei Streifen von der Haut eines weißen Hirsches bestand und ein langes Stück Sehne, das an dem Rücken seines Gewandes befestigt war. Diese waren früher von uns nicht bemerkt worden, und wir erfuhren, daß, während er unten war, Tornga dieselbe angenähet habe."

Fragt man einen Bauchredner, wie er seine Kunst ausübe, so weiß er keine bestimmte Auskunft zu geben. Daher ist die sogenannte Bauchrednerkunst richtiger eine natürliche Geschicklichkeit als eine Kunst zu nennen, indem sich keine Mittel angeben lassen, durch welche ein jeder, wenn auch in geringer Vollkommenheit dieselbe erlernen könnte. Einige haben geglaubt, die Bauchredner sprächen nicht beim Ausstoßen,

Digitized by Google

sondern beim Einziehen der Luft, also gleichsam nach innen; allein diese Annahme ist unrichtig. Nach Hallé, Pinel und Percy beruht das Wesen des Bauchredens in derjenigen Modification der Stimme, welche durch die Resonanz des Gaumens, der Zähne, der Lippen und der andern Sprachwerkzeuge hervorgebracht wird, insbesondere aber in einer sichtbaren Zusammenziehung und Verengerung der Brust, wodurch diese ihre Resonanz verlieren soll. Hiermit stimmt die Aussage eines Bauchredners von großer Fertigkeit überein, er habe sich anfangs Brust und Bauch durch eine Binde zusammengeschnürt, später aber pflege er nur zuweilen durch einen Druck der Hand gegen die Seite die Anstrengung der Bauchmuskeln zu erleichtern. Muncke sagt, nach allem was Gough, vorzüglich Autenrieth und Gilbert nach den Aussagen des Bauchredners Charlès zu Erklärung dieser Kunst aufgestellt haben, so komme man wesentlich zu folgendem Resultate. Die eigentliche Stimme des Bauchredners, womit er ungekünstelt redet, wird auf die gewöhnliche Weise in der Stimmritze durch die aus der Lunge ausgestoßene Luft hervorgebracht, durch Kehldeckel, Gaumsegel, Zunge, Zähne, Lippen und Nasenkanal modificirt und erhält in ihrer Fortpflanzung eine auf die Deutlichkeit des Wahrgenommenwerdens einfließende Modification durch den Fortgang des Luftstromes aus dem Munde des Redenden und durch die Resonanz, welche Mund und Kopf derselben als feste, die Schallwellen von einer Seite begrenzende Körper ihr geben. So sehr man nämlich auch gewohnt ist, die Schallwellen von dem Punkte ihres Entstehens aus, als mit gleicher Stärke sich nach allen Seiten verbreitend zu betrachten, so ergibt doch die allgemeine Erfahrung, daß man ganz anders hört, wenn der Redende mit dem Gesichte, als wenn er mit dem Rücken gegen den Hörenden gewandt ist. Man kann ferner nicht eigentlich behaupten, daß zur Hervorbringung der natürlichen Rede eine bedeutende Ausstoßung der Luft aus der Lunge nothwendig erforderlich sei und dem Sänger, wie insbesondere dem Künstler auf einem Blasinstrumente ist oft die Ausathmung der überflüssigen Luft ein gleich großes Bedürfniß als die Einathmung neuer sauerstoffgashaltiger. Allein weil die Ausathmung während dem Reden an sich und durch die dadurch verbreitete Inspiration allerdings eine Erleichterung gewährt, so gewöhnt sich der Mensch allmählig daran, sein Sprechen mit einem nicht unbedeutenden Fortstoßen der Luft aus der Lunge zu begleiten. Dieses gibt indeß den Zuhörern ein durch Uebung bis zur hohen Fertigkeit gebrachtes Mittel, den Ort des Redenden zu erkennen, und hierüber weit weniger in Ungewißheit zu seyn, als rücksichtlich sonstiger gehörter Töne. Indem nun der Bauchredner dieses vermeidet, gewinnt er außer den oben angegebenen Mitteln der Täuschung noch ein vorzügliches dadurch, daß außer seiner eigenen Stimme von einem bestimmten Orte noch eine andere von keinem bestimmten Orte gehört wird. Dieses erreicht er aber um so besser, je vollkommener er das Fortstoßen der Luft aus den Lungen vermeidet, indem er vielmehr durch die Anstrengung der Lungen, desgleichen der Brust- und Bauchmuskeln vermittelst der eingeschlossenen zwischen den Bändern der Stimmritze oscillirenden Luft die erforderlichen Töne her-

Digitized by Google

vorbringt. Daher kommt das Bedürfniß des Bauchredners, vor jeder erkünstelten Rede die Lungen mit Luft zu erfüllen, daher die Anstrengung, welche das Hervorbringen der Töne erfordert, daher die kurzen Perioden, worin er die fingirten Personen reden läßt und das Erforderniß des Dialogs, indem er durch natürliches Reden sich wieder ausruht, nebst der Unmöglichkeit des Singens, daher die unbestimmten Antworten der Bauchredner auf die Frage, ob sie die Töne durch Einziehen der Luft hervorbringen, indem nach Autenrieths, Gilberts und Montegrés Berichten sie selbst den Mechanismus nicht kennen, wodurch sie die künstlichen Töne erzeugen, daher endlich die größere Leichtigkeit, womit Kinderstimmen nachgemacht werden, weil die Bildung derselben bei größerer Verengerung der Stimmritze nur geringere und kürzere Oscillationen der Luftsäule bedarf. Sehr natürlich muß eine auf diese Weise hervorgebrachte Stimme, genau belauscht, ihren Sitz anscheinend im Bauche haben, dessen Höhlungen nebst denen der Brust ihr eine in der Akustik nicht unbekannte eigenthümliche Resonanz geben. Außerdem aber ist die natürliche Stimme eines jeden Menschen nach dem Baue seiner Sprachorgane mit allen dazu gehörigen Theilen auf eine eigenthümliche Weise modificirt, worauf eben ihre Individualität beruhet, insbesondere aber erhalten die Lippen- und Zahnbuchstaben hierdurch einen unterscheidbaren Charakter. Die künstliche Stimme des Bauchredners dagegen wird auf eine hiervon verschiedene Weise modificirt, vorzüglich durch das Gaumsegel und die Lippen, durch mehrere oder mindere Oeffnung des Nasencanals, durch größere oder geringere Erweiterung des Raumes über der Stimmritze u. dergl. mehr. Indem somit also der Bauchredner außer seiner eigentlichen Rede noch eine andere wesentlich verschiedene redet, deren Ort dem Hörenden unbekannt ist, und welche er daher dahin setzt, wohin sie zu setzen die angegebenen Mittel ihn vermögen, deren sich der Künstler bedient, so werden offenbar zwei oder mehrere Personen als redend gehört, worauf die eigentliche Kunst des Bauchredens beruhet. Eine vollständige Bewegung der äußern Sprachorgane, namentlich der Lippen und des Unterkiefers findet zwar nicht statt, auch muß der Künstler sorgfältig vermeiden, daß dergleichen von den Zuhörern wahrgenommen werde, weil hierdurch die Täuschung hinsichtlich des Ortes des fingirten Redenden aufgehoben würde. Wenn aber einige glauben, es beruhe auf dieser Nichtbewegung das ganze Geheimniß des Bauchredens, so ist dieses ein Irrthum, und steht mit den genauen Beobachtungen Gilbert's im Widerspruche.

Bedeckung der Gestirne. Die Bedeckung eines Gestirnes durch ein anderes tritt dann ein, wenn ein Gestirn vor dem andern vorübergeht, so daß das letztere dem Auge des Beobachters auf der Erde durch das erstere gänzlich oder theilweise entzogen wird. Jede Sonnenfinsterniß ist eine Bedeckung der Sonne durch den Mond, und eben so werden von demselben auch andere Fixsterne und Planeten bedeckt. Diese Bedeckungen werden in den astronomischen Kalendern vorausgesagt; sie sind aber für jeden Ort verschieden wegen der Parallaxe des Mondes, auf welche daher für jeden Ort Rücksicht zu nehmen ist.

Digitized by Google

Sehr interessant ist die Beobachtung derjenigen Bedeckungen, bei denen ein Stern den Rand des Mondes gleichsam nur streift, wo dann der Stern abwechselnd hinter den Randbergen verschwindet und wieder hervortritt.

Aber nicht allein der Mond, sondern auch die Planeten bedecken zuweilen einen Fixstern oder einen andern Planeten. Auch die Bedeckung eines Fixsternes durch einen Jupitermond ist beobachtet worden.

Beobachtung ist in der Physik das wesentliche Mittel Erfahrungen zu sammeln. Man pflegt gewöhnlich die Beschäftigungen der Physiker in Beobachtungen und Versuche oder Experimente zu theilen; so nämlich, daß bei der Beobachtung der Physiker seine Aufmerksamkeit auf den Vorgang einer Naturerscheinung richtet, während er beim Versuche die Erscheinung selbst veranlassen oder was die Natur im Großen vollführt, im Kleinen nachahmen will. So kann man ein Gewitter beobachten, wenn man sein Augenmerk auf den Vorgang der Erscheinung richtet; man kann es in einem Versuche aber auch mittelst einer Electrisirmaschine nachahmen. Indeß wird jeder Versuch für die Wissenschaft unnütz und fruchtlos sein, wenn nicht an ihn zugleich eine Beobachtung geknüpft ist. Die Kunst richtig und genau zu beobachten macht den guten Physiker aus und ist nicht so leicht als es den Anschein haben mag. Nicht allein ist es nöthig, daß der Beobachter gute Sinnesorgane habe, sondern er muß auch vorurtheilsfrei sein, welches sehr schwer ist. Die Unwissenheit gibt eine große Menge von Vorurtheilen, eben so viele aber auch eine gewisse Halbbildung, welche sehr häufig das Augenfälligste nicht sehen will, bloß weil sie selbstgefällig abspricht, daß es nicht möglich wäre, weil sie es nicht zu begreifen im Stande ist. Man kann sich aber eben so leicht auch überreden etwas wahrzunehmen, was gar nicht vorhanden ist. Dieß wird besonders begünstigt durch die Trüglichkeit aller Sinne des Menschen. Es ist bekannt genug, daß alle Sinne täuschen, welches so weit geht, daß wir von keiner einzigen Beobachtung behaupten können, daß die aus ihr gewonnene Erfahrung, das Resultat, völlige Schärfe und Bestimmtheit habe. Derjenige Sinn, welcher am meisten bei Beobachtungen benutzt wird, weil er unter allen der schärfste und deutlichste ist, ist das Gesicht. Es ist dieses zugleich auch der einzige Sinn, dem man mit Hülfe besonderer Instrumente zu den Beobachtungen eine noch größere Schärfe zu geben versteht, mit Brillen, Fernröhren, Mikroscopen, Loupen. Man unterscheidet hiernach Beobachtungen, welche mit freiem oder bloßem Auge und Beobachtungen, welche mit bewaffnetem Auge angestellt sind. Um Beobachtungen mit bewaffnetem Auge anstellen zu können, ist es nöthig, daß man mit den betreffenden Instrumenten umzugehen verstehe. Bei Versuchen ist überdem noch nöthig, daß man genaue Kenntniß der in Bewegung zu setzenden Kräfte und der Mittel sie zu erregen, also auch der Instrumente, die zu benutzen sind, habe. Aber auch bei der größten Geschicklichkeit und den umfassendsten Kenntnissen, bei den schärfsten Sinnen lassen sich doch keine Beobachtungen von absoluter (vollkommener) Schärfe des Resultates anstellen. Es ist

Digitized by Google

daher nöthig, daß man weiß, bis zu welchem Grade die Resultate genau sind.

Um bis zu einem gewissen Grade genaue Resultate zu erhalten, pflegt man unter denselben Umständen dieselben Beobachtungen zu wiederholen, oder man führt unter verschiedenen Umständen gemachte Beobachtungen derselben Erscheinung auf gleichmäßige Umstände zurück, (reducirt sie); so z. B. pflegt man Barometerbeobachtungen auf diejenige Temperatur, welche das Wasser im Gefrierpunkte hat, zu reduciren. Man hält nun diejenigen Resultate für die richtigeren, in welchen die meisten Beobachtungen übereinstimmen oder die einzelnen Resultate für so weit richtig, als sie mit den meisten Resultaten der anderen Beobachtungen übereinstimmen.

Ein anderes Mittel aus mehreren Resultaten, die in Zahlen gegeben sind, ein neues, alle einzelnen gefundenen Resultate an Genauigkeit übertreffendes Resultat zu finden, ist, daß man aus allen diesen Resultaten das arithmetische Mittel nimmt. Dieses geschieht bekanntlich, indem man in die Summe sämmtlicher Resultate mit ihrer Zahl hinein dividirt; der Quotient ist das genauere Resultat.

Um bestimmter den bei einer Beobachtung erreichten Grad von Genauigkeit anzugeben, muß man eines Theils wissen, wie weit die Genauigkeit des angewandten Sinnes geht, andern Theils aber auch, wie weit die Genauigkeit der angewandten Instrumente sich erstrecke.

Berg heißt jede bedeutendere Erhöhung der Erdoberfläche über das flache Land; eine minder bedeutende Erhöhung nennt man einen Hügel, eine noch geringere eine Anhöhe oder Höhe. Der Name Berg kommt eigentlich erst denjenigen Erhöhungen der Erdoberfläche zu, welche über 2000 Fuß über den Meeresspiegel sich erheben. Eine zusammenhängende Reihe von Bergen nennt man ein Gebirge. Zwischen den Bergen liegen die Thäler oder Schluchten (sehr enge Thäler). An jedem Berge nennt man den unteren Theil, mit dem er sich in das Thal oder, folgt kein neuer Berg, in die Ebene verläuft: den Fuß, und seinen höchsten Punkt: die Spitze, den Gipfel, die Kuppe, bei großer Steilheit: die Nadel, das Horn; und den Theil zwischen Fuß und Gipfel: den Abhang. Wenn der obere Theil eines Berges nicht eine Spitze, sondern gleichsam ein Dach bildet, so nennt man denselben: das Joch oder den Sattel des Berges, und ist er eine Fläche: die Platte. Der Winkel, welchen der Abhang eines Berges mit der Horizontal-Ebene macht, heißt seine Neigung. Bis zur Größe von 15° der Neigung sind Berge noch für Lastthiere ersteigbar, bis 30° für Menschen, dann nur noch mittelst Steigeisen; ist die Neigung aber über 45°, so ist ein Berg unersteigbar. Die Neigung sieht übrigens stets viel bedeutender aus, als sie wirklich ist, welche Bemerkung man schon bei Straßen die auf Berge von höchst unbedeutender Neigung führen, machen kann. Schließt sich gleichsam Gebirge an Gebirge, so hat man eine Gebirgskette, von der aus sich einzelne kleinere Gebirge: Zweige, Aeste, oder Arme, erstrecken. Die höchsten Theile eines Gebirges werden

Digitized by Google

ein Gebirgsrücken genannt. Man theilt die Gebirge nach ihrer Länge ein in: Hauptgebirge von etwa 30 Meilen Länge, Mittelgebirge von etwa 20 Meilen und kleine Gebirge von etwa 10 Meilen; hinsichtlich der Höhe in Hauptgebirge oder Hochgebirge von über 6000, mittlere von über 3000 und niedere von über 600 F. Höhe, eigentlich Hügelreihen. Nur selten stehen die Berge einzeln, sind wenigstens durch eine Hügelreihe mit einem größern Gebirge in Verbindung gesetzt. Einzelnstehende Berge sind indeß der Felsen von Gibraltar, der Puy-de-Dome und mehrere Berge in der Auvergne, der Zobtenberg in Schlesien u. a., am häufigsten kommen solche Berge auf Inseln, als vulkanische Pics (franz., ein spitzer Berg) vor, z. B. der Pico di Teneriffa, der Aetna u. a. Bei einem Gebirge nennt man die höchsten Berge desselben, wenn sie in Einer Reihe auf einander folgen, den Kamm des Gebirges, das Hauptjoch, die Hauptkette. Die Abfälle des Gebirges sind die Senkungen nach der Ebene zu beiden Seiten desselben, sie enden sich in den Fuß des Gebirges. Die Abfälle des Gebirges werden bisweilen durch bedeutende Ebenen unterbrochen, hinter denen sie sich erst tiefer in die eigentliche Ebene hinabsenken, solche Ebenen auf den Gebirgen heißen Platten, Plattformen, Hochebenen. Solche Hochebenen finden sich zuweilen auch in der größten Höhe der Gebirge, und heißen dann Rükken. Solch ein Rücken befindet sich z. B. auf dem Longfield-Gebirge in Norwegen, von 8 bis 12 Meilen Breite; auf den Cordilleren bei Mexiko von gegen 50 M. Breite und 150 M. Länge.

Die Neigung eines Gebirges bestimmt man durch den Winkel, welche eine vom Joche bis zum Fuße des Gebirges gelegte Ebene mit der Horizontalebene machen würde; sie beträgt höchstens 6 Grad.

Die Arme eines Gebirges pflegen ziemlich rechtwinklig vom Hauptgebirge aus sich zu erstrecken. Erstrecken sich diese Arme bis an das Meer und enden plötzlich am Strande desselben, so heißen sie Vorgebirge oder Cap. Die Arme oder Zweige eines Hauptgebirges spalten sich oft wiederum in kleinere Zweige, welche dann Gegenpfeiler oder Widerlagen genannt werden.

Wie die Gebirge so werden auch die Thäler in Haupt- und Nebenthäler eingetheilt. Die Thäler liegen zu beiden Seiten des Hauptgebirges und je zwei gegenüberliegende sind gewöhnlich durch eine Vertiefung im Joche des Gebirges verbunden. Solch eine Vertiefung heißt ein Paß, in den Alpen ein Col, in den Pyrenäen ein Port. Zwischen den Pässen erheben sich die einzelnen Berggipfel, die in der Regel auch besondere Namen erhalten haben. Die Gestalt dieser Berggipfel ist verschieden nach der Felsart, aus welcher das Gebirge besteht. Die Urgebirge der Alpen haben Nadeln (hohe, spitze Berggipfel); die Bergspitzen der Kalkgebirge haben meist Platten; die der Porphyr- und Basaltgebirge sind kegelförmige, abgerundete Gipfel, Dome.

Die Thäler bestehen aus einzelnen Verengerungen und Erweiterungen, Thalengen und Becken, Kesseln. Der Fluß, welcher in der Regel den tiefsten Theil (Thalweg) durchfließt, erweitert sich in

Digitized by Google

dem Becken häufig zu einem See (besonders in den Alpen.). Oft schließen mehrere Gebirgszüge eine weitere Gegend ein, die dann ein Gebirgskessel genannt wird. Solch ein Gebirgskessel ist Böhmen, welches vom Erzgebirge, dem Böhmerwalde, den mährisch-österreichischen Gebirgen, den Sudeten und dem Isargebirge eingeschlossen wird. Es wurde schon gesagt, daß sich fast nie ein Gebirge unmittelbar von der Ebene bis zu seiner größten Höhe erhebt; man unterscheidet das Vorgebirge, den niedrigsten zunächst in die Ebene sich verlaufenden Theil des Gebirges, das Mittelgebirge, welches sich über jenes erhebt und das Hochgebirge, welches am höchsten emporragt. Das Vorgebirge besteht daher nur aus geringen Erhöhungen, welche sanft abfallen in flache sanfte Thäler. Steilere Abhänge, tiefere und abschüssigere Thäler hat das Mittelgebirge; während in jenem eine reicher und mannigfaltiger Pflanzenwuchs stattfand, wird dieser hier dürftiger und bietet weniger Abwechselungen dar, die größeren Bäume verschwinden, wogegen kleinere verkrüppelte Arten sich finden, so statt der Fichte das Krummholz, statt der Birke die Zwergbirke. Es finden sich jedoch auf den Mittelgebirgen nahrhafte und gewürzreiche Pflanzen, so z. B. die vortrefflichen Viehweiden in der Schweiz, wo unter Alp im engeren Sinne das eigentliche Mittelgebirge verstanden wird. Das Hochgebirge besteht aus kahlen, rauhen Kuppen von nacktem Felsen, auf dem sich nur einige Moose und Flechten finden; die höchsten Punkte sind mit ewigem Schnee und Eise bedeckt.

Die Gebirge befinden sich auf dem Hochlande, welches den Niederungen entgegengesetzt wird. Das Hochland Europa's ist weniger bedeutend, als das von Asien und America, wo es mitten in den Gebirgen sehr bedeutende Hochebenen gibt, die in Europa fehlen.

Die Höhe eines Berges kann gemessen werden von der Ebene, in welcher sein Fuß sich verliert, welches die relative Höhe ist, die Höhe in Bezug auf die nächste Ebene; oder von dem Niveau (der Oberfläche des Meeres), welches die absolute Höhe ist, die Höhe an und für sich. Die Mittel, deren man sich bedient, um die Höhen zu messen, s. unt. d. Art. Höhenmessung.

Folgende Tafel nach Baumgartner stellt die gemessenen Berghöhen zusammen.

Digitized by Google

Berghöhen

Name des Berges	Höhe
I. Seealpen mit den Apenninen. (Italien, zum Theile, Sicilien, Corsica, Piemont und Frankreich zum Theile.)	
Mittlere Höhe der Alpenkämme	7068
= = der Alpenpässe	7200
Höchster Alpengipfel	14772
Aetna (Gibello)	11400
	10281
Alpe di Doccia	4138
Beguines (eine Höhe auf dem St. Beaume)	3358
Bolgario	3496
Boscolengo	4178
Calvo	4800
Campo del Fiori	3833
Cavo	2928
Cervello	5622
Cima del Craste	7664
= = Impossibile	1782
= di Doccia	4138
= Dodici	7189
= del sasso Cimone	3798
= de Tornipa	5484
= di Vernina	4914
Cimona	6548
Col du Braun	3013
= = Brois	2522
= = Fenetre	8460
= de Tende	5526
Conus (höchste im Krater des Vesuvs)	3275
Cristol	2526
Epomeo	2364
Erix (Giuliana)	3624
Gran Sasso	8255
Macaluba	150
Madonia (Gebirge)	3528
Montague de la Lence	4110
Monte Aventino	146
= Bisbino	4144
= Bulgario	3496
= Calvaggione	5321
= Canzo	4264
= Capitolino	151
= Celio	195
= Ceramede	5113
= Esquilino	177
= Gianicolo	185
= Gordona	4403
= Grigna	6766
= Grosso	6888
= Legnoncino	5325
= Legnone	8131
= S. Lucio	4992
= Mario	410
= d'Oro	8166
= Pino	3681
= Piscio	150
= Pizzo di Gino	6996
= Pizzo d'Orsera	3011
= Pontione di Mezzegra	5224
= Quirinale	148
= Resegnone di Lecco	5825
= Vaticano	93
= Viminale	160
= Viso	3747
Radicofani	2315
Radicosa	2719
Rocca di Papa	2230
Rocher d'Avignon	144
= de Vaucluse	684
Rotondo	8694
	8226
San Gennaro	3924
Sibylla (Monte della)	7038
Sila	4634

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Somma	3509
Soracle (St. Oreſt)	2129
Strongolo (Strombili.)	2520
Val = ombroſa	3063
Vaucluſe (Montgne de)	2016
Velino	7872
Ventoux	6030
Veſuv	3659
	3504
St. Victoire	2880
Vulcano	2400
II. Cottiſche Alpen. (Frankreich zum Theile, Piemont zum Theile.)	
Aiguille noire de Nevache	7890
Aurouze	8604
Autane	9029
Belladonne	9666
Bonvoiſin	6492
Boudrieres (Bouchieres)	6615
Caſes de Faudon	5159
Chabrieres	9093
Chaillot le Vieux	10224
Chalange (Ganggeb.)	8200
Charance	4799
Chamechande	6437
Charbres	4618
Chiracsberge	6454
Col, zwiſchen Ancelle und Durſieres	7494
Col de la Coche	6437
	5892
= du Galibier	8593
= de Lagnel	9986
= = Laniere	9990
= = = höchſter Gipfel	12990
= = Maleutra	5113
= zwiſchen Morin und Fouillouſe	7392
= zwiſchen Morin und Laclapier	8442
Col du Noyer	5091
= d'Ournon	2549
= de Praclos	5938
= = Saix	10338
	10282
= = Servieres	7182
= = Souffle	9744
= = Turbat	9957
	8001
= = Urtis	5664
Coſte Loupet	7470
Drouveyre und Champoléon	6437
St. Egnard	4145
Elionen (die drei)	11953
Faraux (Gebirgskette)	7542
Genevre	6258
	5960
Grand Som	6463
St. Guillaume	6169
Herbia (die große)	9921
Infernat oder l'Infernay	9851
	9026
Jocelme	13002
Joug de l'Aigle	7252
Laurang la Chapelle gegenüber	11880
Laurang bei Chapelle im Gadmarthale	6157
Lauſanice und Col de Siolane	9096
Lantaret	6449
Loucyra	13548
Loupilan	13260
Monetier de Mauray	7564
Montagne de l'Ours	6563
= de l'Ourſine	5585
Mont Bayard	3752
= Berar	8090
= de Faudon	2016
= = Lans	4005
Motte (la)	3570

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Montrachat bei Grenoble	3998
	2743
Muan de Bellone	10218
Neron	4060
Obioux	8964
Olan im Godmarthale	12966
	12308
Ozon	12624
Parpaillon in Crevous-thale	8384
Pelioux	13237
Petit Chaillot	7379
Pic du Chevalier	8163
Pi de Lauzon	6772
Pic de Servieres	9026
Port du St. Lans	3623
Pouzene (Spitze)	7827
Puy Champoléon	7545
Roc de Nievre	12972
Rousses (les grandes)	9359
Sarcena	4805
Septiaux, Col	7182
Siraberg	7230
Soleil Bian	6132
Sueſe, la	6295
Viſo v. Buiſtolas	9438
	9373
= (höchſte Spitze)	12987
= (höchſte Spitze auf der Seite des Col Lagnel)	12326

III. Die grauen Alpen.

(Piemont und Savoyen, zum Theile.)

Col de Bonhomme	7530
= della Cermetta	3888
Iſeran	12403
	10800
Mont Cenis	11058
Muſſa-Alpe	5159
St. Michael am Cenis	8670
Paß über den kleinen Bernhardsberg	6750
Paß über den Cenis	6360
Portia-Alpe (höchſter Punct)	6048
Roche-Melun	10752

IV. Die penniniſchen Alpen.

(Piemont und Wallis zum Theil, Savoyen zum Theil.)

Aiguille d'Argentier	12564
Aiguille Dru	11682
Aiguille de Géant	13044
Aiguille de Goûte	11442
Aiguille du Midi	12054
Allee blanche	7494
Baraſſon	9180
Berg de la Cote	7914
Blaitier	7992
Breven	7836
	7698
Breithorn	12012
Büel von la Martine	9664
	9645
	9492
	9480
	9463
Chenalette (Horn)	8418
Col de Balm	7098
	7086
= des gr. Bernhard	8430
	7542
	7476
= de Ferret	7170
= de Forclaz	4668
= du Tour	8376
= de Geant	10598

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Col zwischen dem Lesa und Challantthale	8160
= über das Matterhorn	10284
= de la Seigne	7644
	7578
= Tarat	7146
Combin	13252
Crammont	8424
	8406
Dent du Midi	9805
	9228
Dents d'Oches	6789
Dobeinaz	12571
Formonaz	5639
Grenier	7854
Hospice Montagne verte	5850
	5842
	5724
Matterhorn	13854
	13800
Miage-Gletscher	6456
Mittagshorn	11670
Molo	5731
	5694
Montblanc	14772
	14793
	14691
	14676
	14556
	14346
Plattform am Fuße den Aiguille de Goute	9582
Pointe de Dronaz	8460
Rothhorn	9036
Talefre	8087
	8006
Tourné (Mont)	10098
Tournette	7278
	7068
Valsora, Gletscher	7728
Vandagne	4590
Velan (höchste Spitze des Bernhard)	10391
	10332
Varens	7200
Vergy (Mont)	7038
Voirons	4206
Zuckerhut	8796

V. Die Lepontinischen Alpen.

(Schweiz und Piemont, zum Theile.)

Aporthorn	10170
Auf dem Gallen	7420
Betzberg	6212
Bisbino	4143
Blackenstock	9540
Brüstenstock oder Stägerberg	9515
Calbega oder della Gado	5251
Calmot	6054
Campo Fiori	3828
Cassine dell' Uomo	6722
Ceramede ob Tremezzo	5106
Col d'Egna	6624
= zwischen Lesa und Dobbiathal	7416
Corno di Canzo	4260
Culma d'Orta	2838
Feudo von Fieudo	9500
	8586
	8268
Fibia von Pettina	9760
	8382
Furca di Betta	8106
= = Bosca	7213
Galenstock	11280
Ginesio (Monte)	2662
Gletscherberg	10500
Gordona	4396
Gray-Stock	8816
Grieshorn	9460

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Grigna (nördliche) von Monte Godena	7459
Grigna (südliche)	6762
Isenstock	8185
Legnocino	5316
Legnone	8640
	8130
Lucendro = Spitze	9730
Maienthalerstock	8890
Marschallhorn v. Marsel	9560
Mittagshorn	6990
Muschel von Moschelhorn (schwarze)	9410
Mutterhorn von Pischiora	9800
Monte Pino	3696
Oberalpstock	10200
Paß d'Olen	8628
= über den Griesberg	7338
= über den Turca zwischen Matterhorn u. Galenstock	7748
	7745
	7493
= über den Simplon	6240
	6174
Piazza Vachera	7462
Pizzi bianco	9565
Pizzo de Gino	6996
= d'Osera	3006
Poncione di Mezegra	5220
Proso von Brosen	9200
	8262
Ramithorn	8770
Resignone	5720
Reuscer	3852
Rosa (Monte)	14580
	14344
	14163
Roßbodenstock	8735
Salvatorberg	2882
Santo Primo	5224
= Lucio	4788
Sasso del Ferro	3330
Sept Borner	3282
Sirmadun von Badus	9115
Spital a. d. Gotthard	6700
	6650
	6573
	6424
	6390
Spitzliberg	10635
Steinenberg	7130
Sudlinenalp	6384
Süstenhorn	10860
Süstenscheideck	7114
Surenenegg	7029
Urnerspitze	9944
Vogelberg	10230
Windgellen	9790

VI. Berner-Alpen.

Abgeschütz	7850
Alpe Hochbauen	6660
= Niederbauen	6114
Alt-Els	11432
Arsi-Grath	5940
Aeußere Eiger	12268
Bäucklen	5412
Balmhorn	11415
Birchboden (Ebene)	5068
Blümlisalp	11393
Brisen	7610
Brüning	3114
Bürgenberg	3750
	3492
Bizistock	5912
Buscherhorn	5525
Dali von Bokistok	7008
Dent de Morcle	9156
	8951
Diablerets	9967
	9682
Doldenhorn	11287
Ezel	6554
Faulhorn	8020

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Feuerstein	5999
Finsteraarhorn	13234
Gamsispiel	7875
Grimsel	9104
Grindelwald-Scheideck	6045
Groß-Schauflenburg oder Hochhut	8285
Hanen-Engelberg	8165
Hangetgletscherhorn	10070
Hochgadmenstock	9486
Hochkant	6834
Hochstollen	7665
Hoch-Wallenstock	8080
Hospitium auf dem Grimsel	5778
Jauchlistock	7468
Jochliberg	6735
Jorat	2826
	2748
Jungfrau	12872
Laubergrathspitze	7668
	7575
Lauterbrunn-Scheideck	6284
Mährenhorn	9182
Mönch oder innere Eiger	12666
Molesson	6181
Mondloch	5262
Morgenberghorn	6990
Nägelis-Gräthli	9975
Napf	4920
Nieſen	7340
Ochſenstock	7330
Oldenhorn	9630
Paß über den Dent de Jaman	4572
= über den Gemmi	7034
	6985
	6922
= über den Grimsel	7118
	6768
= über den Jauchli	6696
Paß über das Joch vom = Engelberge	6910
= über Surenenegg	7165
Pilatus von Frackmont	6562
= im Oberhaupt, genannt Ringflue	6570
= auf dem Leib	5784
Ravil	7532
Reulissen	5400
Ritzlihorn	10130
Rothstock	8785
Rothstocksattel, nördlicher	8248
= südlicher	8080
Ruckhubel	9039
Sättlistock	8665
Scheideggerstock	6514
Scheinberg	6115
Schienalp	4131
Schloßberg bei Uri	9766
Schreckhorn	12560
Schwarzberg	5505
Seidel von Siddelhorn	8675
	8580
Spannort (große)	9968
= (kleine)	9760
Stanzerhorn	5930
Stockhorn	6767
Stotzigberg	8482
Tannhorn	6532
Titlisberg	10117
Tomlishorn	6450
Tour d'Ay	6815
Vieſcherhorn	12500
Weidihorn	6045
Weilerhorn	5895
Weisberg	8190
Weisstock	8900
Wendestöcke	9476
Wetterhorn	11454
Widderfeld	6858
Wildgaisberg	8365
Zingel von Salisstock	5930

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
VII. Schweizer-Alpen.	
Blanke Alp	5673
Blum von Schönalp	6112
Bötzleralpe	5481
Dosen (eine Spitze des Rigi)	5190
Ebenalp	5094
Entlibuch	2256
Etzel	3310
Fähnernalpe	4676
Feuerberg	8925
Feuerstein	5999
Fluberig	6335
Flühli	2699
Gäbris von Gaisberg	3884
Gais	2938
Gabris	3884
Glärnisch (vordere)	8025
Groß-Aubrig	5239
Großwald	3554
Hackenweg	4135
Hirzli	5070
Hochalpe	4784
Hochmeesmer	6680
Hochsäntis	7671
Hochwache	2630
Hohe Rhone	3402
Hornli	3496
Hüttliberg	2686
Jochli	6735
Joch Hulftegg	3252
Joch, das den Kamor mit Fähnern verbindet	3874
Kamor	5407
Kasten (hohe)	5540
Knieperspitze	4825
Krauchkamm	6704
Kroneberg	5190
Lägerberg (höchste Spitze)	3603
Lambergratspitze	7668
Leugelstock	5314
Megelisalpe	4647
Meßner (hohe)	6680
Mieserenberg	6995
Minnalp	6588
Mondberg	7396
Murliberg	5315
Mythen von Hackenberg	5868
	5860
Paß auf dem Gebirge Pragel	5159
Pfandstock	7960
Rauchengletscher	6942
Registaffel	5270
	4866
Reiserstock	8635
Rigisirst (Spitze)	5141
Rigikulm	5555
Rigidoßen	5141
Rigisirst	5103
Rohne (hohe)	3808
Roßstock	7700
Rothestock	8080
	8248
Ruffi oder Roßberg	4870
Ruckhübel	7039
Sattelalpe	4227
Säntis (hohe)	7700
	7671
Schäfleralpe	5926
Schien von Scheyen	6950
Schnabelhorn	3413
Schneealpe, eine sumpfige Ebene auf dem Rigi	5105
Schwarzberg	5502
Schwesterhorn	1569
Sorenberg	3513
Tomlisalp	5185
Viznauerstock	4656
Voglisegg	2963
Wasserberg	7335
Wildkirchlein	4615
VIII. Rhätische Alpen. (Graubündten und Tyrol.)	
Albersspitze	6138

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe	Name des Berges	Höhe
Alpele, hohe	7372	Gimpelberg	6872
Altissimo die Nago	6395	Gleiersspitze	6000
Beide Brüder	4479	Glockthurm	10294
Birkenkogl	8688	Glungeserberg	8217
Biscota-Alpe	4451	Gröbnerjoch	6608
Bolgen	4968	Großrettenstein	6767
Brandjoch	7423	Grünten	4068
Brenner	6360	Gurtisspitz	5457
Burgo di Bolca	2967	Guscheralp	5573
= = Velo (Gipfel)	3978	Hatscheroewand	9773
Canisfluhe	6284	Hausstock	9660
Capatschalpe	7088	Hirschsengberg	5847
Churfürst (große)	6950	Hienerspiel	8336
Cima de Craste	7664	Hocheberberg	8590
Col di Barchi	4322	Hochgerach	6028
= de Braun	4727	Hochstraßenberg	6072
Dachberg	9350	Hoch-Tschernoiwand	11645
Danzenwelle	9675	Hochwang	6535
Döbiberg	11110	Hochvogel	7948
Edelsberg	5002	Isingerspitz	7841
Fälkniß	7825	Juisenberg	6070
Fallerhorn	7865	Kaiserjoch	9570
Fanaserberg	6338	Kärfenstock	8405
Fellhorn	5388	Kaiser Ferdinandsberg	4163
Feuerstädterberg	5055	Kallerberg	7875
Finestra (la)	6618	Kaltenbergferner	8913
Fläscherberg	3134	Kamerstock	6340
Frostenzer Sandberg	5010	Kamm ob. Maienfeld	7150
Frauhut	6492	Karlisberg	6030
Fundelkopf	7372	Kirchstein	2100
Fünstermünz, Paß	2808	Kistenberg	10398
Fürnli-Scheideck	7251	Klaridenberg	10030
Fürst, hoher	10464	Königswand	11872
Gaderiolhorn	8725	Kothbachspitz	7907
Gadriaberg	9036	Krautskammpaß	6704
Gaishorn	6901	Kreuzberg ober Schännis	5860
Galanda	7877	Kreutzspitz, kleine	7739
= (höchste Spitze)	8360	Kinnenberg	2039
	8253	Kutzen	7795
Gandkogel	5726	Laaserspitze	7885
Gandstock	6985	Lagoreiberg	8040
Geishorn	6900	Labachspitze	9503
Geyrenspitze	7824	Leilskamm	6450
Gilfertsberg	7694	Maliserberg	7537

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Matton	5534
Mittagsspitze	6434
Mittagsplatte	4245
Monte Baldo	6762
= Bolca	2967
= Bondon	6703
= Burgo di Velo	3978
= Caren	6012
= Corno del Frerone	8226
= Gazza	6408
= Lisser	5134
= Maggiore	6858
= di Nago	6395
= Pasubio	6887
= Pizzo	6721
= Scanupia	6561
= Selva piana	2967
= Tomba	5590
= Viola	2695
Mondberg	7396
Müttlekopf	8520
Muttenjoch	7631
Oberberg	4803
Ofenflüh	7900
Offen-Scheideck	6486
Ortlersspitz	14416
	12020
Pabaunerkogl	6348
Paß über den Brenner	4374
	4114
= = = Splügen	6170
Patscher-Kogel	6906
Peissenberg	3145
Penzengraberspitz	6624
Pfenderberg	3265
Pfinnspitz	9559
Piz Lat	8596
= Peverin	8427
= Kegneren	8660
= Valzhein	10220
Plateau-Tolgaria (höchster Punkt)	3786
Plattey-Kogel	9756
Ploseberg	7681
Reichespitz	9089
Remmspitz	9864
Riedberger-Horn	5076
Ringel oder Glaserberg	9775
	9725
Roenberg	6495
Rotthorberg	7570
Rothwand	8302
Rumerjochsgipfel	7082
Sailerberg	7383
Salvenberg	5602
Salzberg (Gipfel)	4949
Sattelberg	6637
Sauren	9530
Scaletta-Scheideck	7820
Scesa plana	9207
	9112
Schafberg	8233
Schärhorn	10142
Scheibe ober Elm	9535
Scheiber-Kogel	7626
Scheiterberg	5462
Schiltberg	7405
Schleierberg	6798
Schlernberg	7877
Schneeberg bei Sterzing	7764
Schnee-Chor-Kessel-Spitze	7478
Schröfwand	8882
Schwarzhorn	7563
Schweinferjoch	11522
Seegrubenspitze	6971
Segnes (Spitze des Tshingel)	8900
Similaunspitz	11118
Solstein (groß)	9106
= (klein)	7802
Sonnjoch	7550
Sonnenwendjoch (hinteres)	6071
Sorles von Waldrasterspitze	7733
Speer ob Wesen	6050
	5915

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Spianjoch	9022
Spingeser-Ochsenboden (Gipfel)	7248
Spitzmeilenberg	7690
Spitznerjoch	7434
Spitzstein	4883
Spitze zu Satteln und Seegruben	7068
Stanskopfberg	8465
Steinsalz oder Wasserberge	5088
Stella	10485
Sterzlaberg	5587
Stilserjoch	7420
Sumano	3937
Tauffenjoch	6571
Traurerjoch	5551
Toblacherfeld	3915
Tombenhorn	9795
Tomba	5590
Trefauenkaiser	7123
Vedretta-Marmolatta	10800
Venta	1761
Vernumispitz	8661
Vilan v. Augustenberg	7356
Vilandersberg	7713
Viola	2696
Volzeinerberg	4280
Waitzfeld	10180
Wandelstein	2058
Wanekberg	7657
Waldkamm (hohe)	5490
Waldrasterspitz	8342
Wandkopf (hohe)	5409
Wechselstein	5918
Widderstein	7787
Wiedersbergerhorn	6525
Wildegrab-Kogl	9133
Wildspitzferner	11592
Winterstaudeberg	5759
Wörgelspitz	5619
Zangenberg	7659
Zugspitze	7734
Zunderkopf	6032

Name des Berges	Höhe
IX. Norische Alpen. (Kärnthen, Salzburg, Steiermark, Oesterreich.)	
Alpe, übergossene	9000
Alpsteig	3297
Ankogel	10300
Anninger	1938
Außerardens	6169
Bärnkogel	7094
Bilarkenstein	5860
Blassenberg	5511
Brennkogel	7980
	7857
Brennspitze	5494
Brodingeralpe	5272
Clauß, Paß	2772
Dachstein	8937
	9132
Donnerkogel	6330
Däumel	6054
Dürrenstein	8043
Eibenberg	4790
Eisenhut	7470
Eiskeller	5195
Emerbergerkogel	1444
Erzberg (Gipfel) bei Eisenerz	4590
Falzalpe	5500
Faulkogel	8100
Filzen, (hohe)	2520
Feuerkogel am Kranabetsattel	4847
Fraukogel	7272
= steinerne Säule	5238
Gahnsberg	3022
Gaisberg	4012
	3890
Gailling, hohe	9800
Gamskahrkogel	7600
Radjetze (Alpe daselbst)	5097
Gejaikopf	6824
Geierskopf	8502

Name des Berges	Höhe
Geisberg	3890
Gerlosalpe	5511
Gerlosstein	5811
Gerloswand	6621
Gletscher des Hallstädter-Schneeberges	8120
Glöckt (hohe)	5827
Göhl (hohe)	7815
Goldberg (Rauriser)	7668
Großenberg	8381
Greiner (Fuß)	6554
= (Spitze)	8800
Greitersattel	2516
Grimming	7247
Großglockner	12978
	11982
	12000
Grubalpen	5120
Grünschacher	3022
Gstätteralpe	5060
Gschaid	3183
Gugenbichel	5100
Hainzen	5049
Haukogel	8964
Hallthal	1920
Heuberg	2110
Heiligenblut-Thauern	8058
Hengstthal (obern Ende)	2203
Heisliz	2589
Hengst	2661
Herzog Ernst oder der große Kogel	9096
Hierlaz	5772
Hinteralp	5070
Hirschberg	6008
Hirschkopf	6883
Hirschwang	1920
Hohenberger Gescheid	2572
Hohenberg	1561
Hochgailing	9798
Hochkalter	8800
Höllkogel	5711
Hohenstaufen	5408
Hohenwartshöhe (am Großglockner)	10392
Hochmannshorn am steinernen Meer	7600
Hochzink, am steinernen Meer	8052
Hundstein	6488
Hundstödt	7722
Hutwisch	2916
Imberg	2122
Kallersberg	7400
Kalkbretten	7500
Kaltenbrunneralpen	4510
Kammerstein	1064
Kammerkahr	5621
Kammerhorn	7850
Kantenbrunn	8900
Kapuzinerberg	2122
Kaiserstein	6632
Kahrkogel	5318
Käsberg	5215
Katscher-Paß	4896
Kahlenberg am Ramsaugebirge	5471
Kahlenberg bei Wien	1356
Kalmberg	5434
Kreskogel	8963
Kempel o. Zeires	5218
Klampaß	1800
Klingeralpe	4490
Knidlhorn	6820
Koppenkahrstein	7575
Korkogel	5827
Kramkogel	7498
Koppen, hoher	5391
Kreuz (hohe)	8411
Kreuzjoch	7646
Kreuzkogel	8806
Krippenstein	5721
Krimmel	3290
Lackenkogel	6132
Lueg, Paß	1460
Langgescheid	2344
Leopoldsberg bei Wien	1356

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe	Name des Berges	Höhe
Looskogel	4929	Reitalphorn	5220
Lilienfelderalpen	3699	Reitersteinberg	6249
Marzsteg	2267	Reitertritt	4687
Madelrigel	3144	Rettenbachalpe	4826
Meer, steinernes	6500	Ringkogel	5396
Mittagskogel	5453	Rinnerkogel	5979
Mönchberg	1900	Rohrenberg	2652
Mühlstürze	6999	=	2652
Muranerkopf	9500	Rosalienkapelle	2294
Narr, der hohe	10632	Rosenleithen	2900
Naßfeld	4626	Roßfeldalpe	4000
Neuburgeralpen (Gipfel)	4260	Rothenstein	6856
Neustädteralpel	5339	Rothhorn	7300
Nebelsbergalpen	4939	Rothkogel	5223
Nesterscharte	4567	Saalfelder-Scharte	7002
Niederalpel	3800	Salzberg bei Hallstadt	4000
Obdachalpe	5870	Sandlingberg	5090
Ochsenhörner	8306	Sarstein (Gipfel)	5901
Ochsenkogel	6700		5463
Oetscher	5900		
= höchste Holzhütte	2783	Sattel des Prehnhübel	3734
Osterhorn	5995		3732
Packberg	2882		3636
Petersalpe	5236		
Pinzgauerhöhe	4457	Sattel in Waidboden	4798
Plankenstein	5956	Schafeckkogel	3743
Pötschenberg	3151	Schafeckalpen	4143
Preber	8610	Schasberg bei Mondsee	5372
Predil	3590	Schareck	10200
Preduleralpe	5220	Scheibwaldgipfel	5175
Priel	7951	Schilcherhöhe	6736
Ratenthalalpen	4323	Schlappereben	9030
Radstädter Tauern-Paß	5083	Semmering	3210
	4754	Schmidtenstein	4800
Rädmar, äußere	2196	Schneealpe	5580
Raschberg	4639	Schneeberg bei Neust.	6600
Rathhausberg	8184		6444
	8167	Schöberl	7283
= Fuß der Maschine	3560	Schönbühel	5200
Raxalpe	6517	Speigkogel	5091
Rastkopf	7758	Schöckl	4778
Rauriserauern (hohes Thor)	8805	Schottmalhorn	6000
		Schreck	4769
		Schrott, hoher	5339

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Schütt, ober Mittersee	3081
Schwab, hoher	7175
Schwambergeralpe, untere	4357
Salmshöhe	8350
Sonnsteinspitz	2655
Sonnblick	9000
Sonntagshorn	5976
Spitzenstein	4623
Spitzmauer	7464
Speigberg	6490
Speigkogel	5640
Stangalpe	7140
Steinberg	7988
Steinhüttelgrad	5998
Stinnerkogel	6355
Sulzeralpen	4663
Tännengebirge	6644
Taubenkahr	5531
Teufelshorn	7264
Thanberg	2416
Thierkahrhorn	6100
Thorstein	9336
Thron (hohe)	7245
Thörlwand	4008
Traunstein	4050
Untersberg	5516
Untersberg Firmianalpe	2469
" Schwaigmühlalpe	4400
" Klingeralpe	4490
" Steinbruch	1450
Viesch oder Wiesbachhorn	10800
Villacheralpe	7375
Wachkopf	7758
Wandelkäser	6486
Waschenegg	7902
Watzmann	9058
Warriegel am Schneeberg	5712
Wechsel	5332
Weichselboden (Holzhütte)	2390
Wießbachhorn	10800
Wildalpe	1716
Wildenkogel	5454
Wildonerberg	1716
Windfels	6879
Windfelshörner	8052
Zistelalpe	2966
Zwölferkogel	5731

X. Karnische, Julische und Dinarische Alpen.

(Kärnthen, Krain, Friaul zum Theile, Illyrien.)

Bella	2399
Berlosnig	3358
Bergut-Urch	2742
Braiko-Urch	3358
Capo di Terstennik	3815
Coinikberg	2458
Col Grand	4978
Csuk	2305
Dinario	7000
Dobratsch	7375
Ertberg	2481
Germadaberg	2077
Gmainig	2097
Karlsberg	1486
Kleik	6500
Kokusberg	2047
Lissaz	2883
Loibl	4243
Maigrischan	2555
Monte Croce	5102
" Grabri	2836
" Ossero (Insel Lossini)	1795
" Sys (Insel Cherso)	1963
" St. Mauro	4727
" Tissol	2561
Nanosberg	3988
Oberschie	2353
Obir	6842
Orgliachberg	3392
Ostrich	2134
Plissiviczagebirge	5550
Predil	3592

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Presistiberg	2285
Raschuschitza	3319
Razborberg	3962
Sbevinza	3107
Scaletta	3308
Schabnik	3137
Siaberg	3810
Sidonie	2023
Sinsnik	7000
Slaunik	3152
Sokolich	2318
Spigni-Urch	3055
Steineralpen	10274
Strada	2441
Stroscha	2305
Szohova	2327
Terglou	9378
Veli Planik	3903
Veliki Hrasisti	2272
Wellebit: Spitze Velika Viskohicza	4338
= Spitze Badamj	4164
Zeroschitz	2504
Zeroviza	2588
XI. Hämus- u. Lacha-Gebirge.	
Athosspitze	3108
Elias (Ipsara)	1678
= (Mikone)	1222
= (Tenedos)	591
Eliasberg (Paros)	2361
Jupiter (Naros)	3124
Kerki (Samos)	4497
Lacha von Olympus	6120
Monte Santo (Athos)	6360
Orbelos	9000
XII. Karpathen.	
Beckorstößchen	4571
Bistrouv (Spitze)	3849
Budislav	6888
Chocsalpe	4915
Djumbieralp (höchster Gipfel)	6170
Durlberg (Gipfel)	5586
Hintere Leithen	6184
Hochwald	2689
Janorzka-Scala	3947
Joch Nad-Mlina	5366
Käsmarkerspitze	7974
Kahlbacher-Grat	5269
Klackberg	4168
Königstraße	2244
Krywan (gr.)	7818
	7538
Kukurazza	4680
Lomnitzerspitze	8100
	7942
Nachtstein	4677
Nesselblöße	4371
Nad-Palava	5575
Räzkowa	6569
Reppi-hibbu	6025
Rohats	6407
Sattel, welcher das Mittelgebirge mit dem Tatra verbindet	5379
Stirnberg	5899
Stoch	4878
Surul	7078
	6468
Thalebene über Völkersee	5459
Teufelshochzeit (Csertova Szvadba)	3696
Thörtchter Gern	6301
Tscharerpaß	3286
Uendkoe	7392
Weißwand	3424
Weg zwischen den Thuratzer Krywan und den Stoch	3721

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
XIII. Sudetten.	
Annaberg od. Chelmberg ..	1422
Bleiberg	2256
Brunnberg, östliche Kuppe	4698
Buchberg an der Gsarwiese	2838
Buchberg bei Landshut	2410
Buchenhübel	2540
Dreystein N. W. Teich	3786
= S. W. Teich	3654
Eule (hohe)	3036
Falkenberge	2037
Fri fensteine	2888
Glaserberg	2777
Grulicher Marienberg	2289
Hahnkoppe	2295
Heidelberger Ziegenrücken	3042
Hessenberg	1316
Heuscheuer	2893
Heidelberg	2858
Hochberg	1930
Hochstein	2803
Hochwald	2699
Hummel	2402
Jauersberg	3000
Jeschkenberg	2982
Kammkoppel	4004
Karlsberg	2542
Kesselberg	4368
Kitzelberg	2033
Klappersteine	3456
Kleischberg	1508
Koppe (kleine)	4331
= (schwarze)	4302
Koppenplan	4332
Kynast	1848
	1812
Lahnberg	4513
Landshuter oder Schmiedebergerberg	2255
Mense oder Manze (hohe)	3268
	3242
Mittelberg	3666
Molkenburg	2884
Nesselgrunder-Fort	2113
Ochsenkopf	2744
Ottenstein	2618
Rad (große)	4702
Reisträger	4280
	3750
Schnee- oder Riesenkoppe	4950
	4884
Schneeberg (großer) ...	4300
	4262
= (kleiner)	3876
Schneegrube	4488
Schreiberauer-Schneegrube (kleine)	4486
Schwarzberg	3605
Seefelder	2858
Seifenberg	4476
Sonnenkoppe	2840
Spiegelberg bei Glatz	2803
= = = ...	3888
Spieglitzer Schneeberg ...	4380
Spitzberg	2517
= bei Silberberg	1950
Strohhaube (große)	2275
Sturmhaube (große)..	4584
	4540
Tafelfichte	3546
	3379
Warthaberg	1702
Zobtenberg	2318
XIV. Oberlausitzer-Gebirge.	
Donnersberg	2641
Drechslerberg	2341
Geltsch	2018
Hochwald	2239
Huthaus	2150
Keulenberg	1302
	1241

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Königstein	1400
Kottmar	1710
	1621
Kreuzberg	1686
Landskrone	1304
Lautsche oder Spitzberg	2309
Oybin	1591
Schneeberg bei Teschen	2289
XV. Erz-Gebirge.	
Auersberg	3090
Fichtelberg (sächsischer)	3731
	3621
Grüne Stein	2820
Ochsenkopf	2744
Schellenberg	1438
Schneckenstein	1510
Schwarzwald (Berg)	3870
XVI. Fichtelgebirge.	
Annaberg bei Eger	1729
Culmberg	2270
Farnleiten oder Zinnberg	3316
Fichtelberg	3521
Hohe Sonne	1333
Ochsenkopf	4920
	3620
	3170
Schneeberg, nördlich von Fichtelsee	3682
	3222
	3214
	3071
XVII. Böhmer-Wald.	
Arber	3840
Dreisesselberg	2798
Heidelberg	4203
	3517
Kobel in Regensburg	2215
Rachel	3792
Scheibenberg	1663
XVIII. Thüringer-Wald.	
Blusberg	2574
Breitenberg	1920
Burkersdorferhöhe	1622
Culmberg	2269
Dolmar	2184
Dreiherrnstein	2192
Ettersberg	1260
Gebaberg	2324
Gebrannte Stein	2682
Gehege	1834
Gerberstein	2148
Heimersdorf (gr. Hoch.)	1739
Hirzbol oder dürre Wiese	2061
Hohe Sonne	1333
Hörselberg	1086
Hühnerwiese	2111
Inselberg	3127
	2832
	2791
	2604
	2449
Klinge	1608
Lerchenhügel	2142
Neufang	1975
Pfarrenkopf	2517
Pfütze, rothe	2159
Porphyrfels (höchster am Mittelgebirge)	2485
Punct (höchster) zwischen der rothen Pfütze und der Hühnerwiese	2294
Quittelsberg	1889
Reifweg	2274
Rupberg	2567
Sandberg	2419
Schloßberg bei Lobenstein	1644

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Schneekopf	3316
	3018
	2975
	2886
	2760
	2673
Schützenstein	2248
Seimberg	2366
Sieglitzberg	2198
Sigismundiberg	2330
Steiger	1035
Steinheiderberg oder Kieferle	2598
	2578
Stoffelskuppe	1225
Stoffelkuppe Fuß am Thale der Elma	745
Streifling	1588
Tafelstein	2456
Trohberg	2150
Vogelhaide	2221
= Fuß derselben	2116
Wachtstein	1548
Weissenberg, kleiner	2282
= großer	2217
Wurzelberg	2374
Zellauer-Laube, höchster Punct	2639

XIX. Rhöngebirge.

Aschenberg	1160
Ausspann	1240
Bibrastein	2168
Dammersfeld	2868
	2529
Dreystelz	2092
Ebersberg	2004
Eyerhauk	2416
Florensberg	1205
Frauenberg	1118
Heimberg	1327
Kreuzberg	2800
	2533
Klingeberg	1659
Milzeburg	2527
	2516
Petersberg	1398
	1320
Rabenstein	2317
Reifwig	2275
Rupberg	2567
Seunberg	2366
Steinwand	2025
Stappelsberg	1688
Streifling	1588
Trochberg	2150
= Fuß	2045
Wachtkuppel	1882

XX. Spitzen der Flötzgebirge.

Brandberg	1295
Kyffhäuser	1458
	1444
Meißner	2184

XXI. Harz.

Achtermannshöhe	2706
	2580
Brandhey	1812
Brocken	3562
	3528
	3486
	3455
	3368
	3276
	3270
Bruchberg	3018
	2699
Dietrichskoppe	1848
Eichelberg	1638
Eulenstein	1302
Eversberg	2058

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Feuersteine	2680
Heiligenstock	1752
Heinrechshöhe	3168
Herzberg	1494
Hohegeis	1893
Kahlenberg	2184
Kaulberg	1572
Rammelsberg	1914
Roßtrappe	1464
Steinberg	1428
Warthaberg	1302
Winterberg, kleiner	2682
Wormberg	2880
	2634
Zwieselberg	1302
XXII. Siebengebirge.	
Drachenfels	1005
Gänsehals	1547
Löwenburg	1444
Oelberg	1444
Petersberg	1040
Wolkenburg	1015
XXIII. Westerwald.	
Altenburg	1216
Galgenberg	2604
Pfaffenhain	1256
XXIV. Taunusgebirge.	
Altkönig	2400
Dünsberg	1440
Feldberg, großer	2605
= kleiner	2458
Hasselhecke	1125
Hausberg	1350
Platte	1500
Stauffert	1285
Stoppelberg	1150
Trompeter	1560
XXV. Odenwald.	
Königsthal	2050
Malchen, genannt Melibocus	1550
XXVI. Rauhe Alp.	
Roßberg	3699
XXVII. Schwarzwald.	
Belchen	4357
Berg, worauf Kaltenbrann liegt	2400
= worauf Kastelberg liegt	1370
= worauf Probstey-Bürgel liegt	2091
Blauen	3597
Feldberg	4608
Heiligenborn	2049
Hohekopf	2560
Hundsrücken	3815
Kandelberg	3901
Kandern	1103
Karlsstein	3012
Katzenstein	1695
Kniebis	2560
Köhlgarten	3792
Lauterbach	1841
Mannslohe	2236
Marzeller-Egarten	2898
Ölache	2456
Rohrkopf	3633
Schlingerberg	1184
Sirnitz	3313
Steinberg	3516
Stoinberg	5338
Teufelsberg	1124

Name des Berges	Höhe
XXVIII. Vogesen.	
Ballon d'Alsace	3870
= de Lure, Gipfel	3492
= = Serance	5726
= = Sulz	4422 4322
Bärenkopf, Gipfel	2874
Berggipfel zwischen Erival und Remirmont	2364
= zwischen Fraize la Croix au Mines	2436
= zwischen Offenbach und Sulzbach	2376
Bresoir, Gipfel	3840 3814
Chambreyberg	2202
Chatel-Gehänge	2028
Donnersberg bei Kirchheim	2102
Granel Donon	3138
Haut de Fresse	2332
= d'Honee	4128
= du Rhau	2982
= = Thau- od. Neuve-Rochespitze	3060
La Louviere	2340
Les Chaumes, Gipfel	3942
St. Martin-Spitze	2364
Odilienberg	2466
Ormond-Spitze	2682
Plateau über dem Erwalthale	2199
Punct, höchster, zwischen Chauteau-Lambert u. Corrallieres	2334
= höchster, zwischen Chateau-Lambert und Vieille-Fanderie	2874
Sandsteinhöhe	3090

Name des Berges	Höhe
XXIX. Juragebirge.	
Areche	2148
Avignon, Spitze	2832
Baillardspitze	2904
Balm, la	2598
Bec à l'Oiseau	3841
Bemont oder Bermont	2940
= Höhe von	3288
Berg bei Bonnetage, mittlere Höhe	2964
= über den Querittes	3060
Berggipfel zwischen la Brevin und Montier Travers	4020
= zwischen Mouth und Remoray	3180
= zwischen Porentrui und St. Ursane	2958
= zwischen la Plaine und la Riviere	3114
= zwischen Remoray und St. Pointe-See	3168
= zu Remoray und Baur	3192
Chabaus, Spitze	2658
Chalamont, Schloß, Ruine	2664
Chasteral oder Gestler	4980 4968 4957
Chasseron	4980 4956
Chateleu	3972
Chaumont, Gipfel	3804
Chaux d'Ailly, Schlucht	2586
Chrenoir, Spitze	3090
Cernil, Wirthshaus	3641
Colbert, Gipfel	2472
Columbier, Gipfel	5184
Combes, Höhe des Wirthshauses	3876
Corbon, Gipfel	2886
Cote, la, höchste Spitze	2706

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe	Name des Berges	Höhe
Courroux, Gipfel	2466	Mont Charvey	2376
Courtelain, Gipfel	2136	= du Cerf	3692
Cret de Chalem	3414	= Cicon	3012
= = Locle	3158	= D'or	4500
= = Moniot	3312	= Larba, Gipfel	3792
Creux du Vent	4512	= de Sey	3672
Crocitite, la	1956	= Tendre	5202
Dent de Vaulion	4596		5196
	4468	= Terrible	2442
Des Bois = Kapelle	3360	= Tournée	3970
Dole	5208		3960
	5185	Montalon	2762
	5174	Monte Penne	2094
	5076	Montrivel	2376
Esservillers = Gelände	2568	Moussiers	3588
Evillers = Gelände	2832	Naissey Geländ	2262
Faucille	5104	Noirmont	3384
Fauverge	2976	Pacote	3782
Gran de Chalem	3414	Passavant	2256
Grand Marchand	3186	Paß la Clusette	3696
= Mont, Gipfel	3222	Pierre Pertuis	2424
= Salbert	1992		2319
Grangeberg	4368	Pittou	4230
Groß = Taureau	4083	Plateau de Fourge	3450
	4056	Pouillat	2190
Giesleflue	2383	Poulleret	3930
Hassenmatte	4476		3933
	4470	Poupet	2616
Hautschel	2628	Preßhaut, Gipfel	3852
Haute = Pierre, Felsen	2748	Punct, höchster, zwischen Trevilliers und Indevilliers	2442
Hireey	2154	Racine	4439
Holoferne, Schloß, Ruine	2352	Reculet	5289
Jour de la Ville	3613		5196
Landoz	4393	Reugney = Geländ	2712
Laumont oder Blauberg	2364	Rizouryspitze	3972
Leberberg	3726	Roche d'or	2616
Machairn	5386	Rötyberg	4308
Maclusfelsen	3018	Rousses	3432
Mahu, Schloß, Ruine	2460	Saleberg	4131
Miroirs, les	2958		
Mons = Chavens	3696		
Mont Pele	3192		

Name des Berges	Höhe
Saleve, kleiner	2730
Sapea	2724
Seroliet	4134
Sublieres	2400
Sucheron	4920
Suchet, Gipfel	4830
Tete de Rang	4384
	4296
Thevenon de Bertrand	4270
Trieve	2298
Tronchats	3048
Venne-Geländ	2988
Wannenflue	3980
Weisenstein	3966

XXX. Sevennen und Gebirge in Auvergne.

Bugarach	3903
Cacadogne	5320
Cantal	5988
Capucin	4257
	4161
Col de Carbre	5203
Costa, la	5154
Cote de la Prudelle	2115
Courlande	5076
Croix Morand	4150
	4063
Jugath, Gipfel	3444
	3350
Mont d'or	6288
	5814
	5751
	5655
Mont Mezin	6162
= Salvi	2338
Montoset	5100
Pierre sur Haut	6144
Puy de Dome	4902
	4554
	4309
Puy de Barme	3366
	3271
= Mary	5736
	5106
= de Pariou	3666
	3569
= de Prabelle	4200
= de la Vache	2985
= Violente	4908
Punet, höchster, von der Gebirgskette Thiers	2889
Roche de Cousin	5216
Tête du Boeuf	4939
Trois Points de la Madelaine	4500

XXXI. Pyrenäen.

Auriete	3846
Baccanera	7042
Barthelmy	7109
Bréche de Roland	9252
Canigou	8646
Cap d'Andron	6318
Col de la Couillade	6096
= = Nisele	7746
= = Pimené	7746
= = Port	3997
= = Tourmalet	6756
Costa bona	7578
Crauque	4200
Estella	5450
Gallineron	8728
Gavarnie	3446
Horn von Anie	7615
= = Arbizon	8880

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Horn Kämme, mittlere Höhe derselben	7500
Mont Calm	9690
= Marboré, Cylinder des	10262
= = Gipfel, höchster	10722
= Maladetta	10020
= Marboré	10500
= Perdu	10362
Montagalles	5223
Montagne d'Hausa	4002
= de Mosset	7416
= = d'Orhi	6186
= = d'Orsan Sourietta	4806
= = Rancier	1720
= = Roc blanc	7812
Montserrat	3804
Monset	8461
	7518
Murro di Barrageiro	3000
Neouvielle	9714
Notre-Dame du Mont	3453
Pässe, mittlere Höhe derselben	7302
Paß von Gavarnie	7182
= = Lavarece	6906
= de la Pez	10150
= Oo	9972
= Tourmalet	6757
Pic d'Aiguillon	9138
= d'Ance	7956
= d'Arbizon	8760
= d'Arre	9024
= d'Arnieugrand	9246
= d'Aule	9030
= de Batoa	9396
= = Baroude	9192
= = Badescun	9690
= = Bergons	6504
= = Cascade	10086
= = Camphiel	9960
= d'Eyre	7602
= de Gabigos	7530
Pic de Gar	5622
= = Hermitans	9324
= Long	10008
= di Midi	9036
	8820
= de Montaigu	7314
= = Monterouge	8628
= = Montouliou	6504
= = Montvallier	8730
= = Néouvielle	9696
= = Payrie	8562
= = Posets	10584
= = Pouis	9414
= = Quairat	9510
= = Salfares	4062
Plateau de Cautés	2916
Plaine d'Astos d'Oo	3384
Port d'Oo	9240
= de la Picade	7458
= = Pinede	7746
= = Plan	6936
= = Viel	7884
= d'Embans	4554
Puy Prigue	8592
= Rodos	3254
= le Calm Rodos	4640
Rocca-corva	3052
Rolandsbreche	9000
Serra Maraho	4000
Sierra Astura	4000
Som de Sourbe	9642
Thurmspitze des Marboré	9690
Tour de Marboré	9414
Tuque de Maupas	9690
Vallon de Suc	4668
Vignemale	10332

XXXII. Höhen auf der pyrenäischen Halbinsel.

Albujarras	8700
Cabezo de Maria	5964

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Caſueletta	2669
Cerajon de Murtas	4620
Cerro von Xolucar	2502
Cumbre de Mulhazem	11081
Fels von Gibraltar	1400
Höchſter Theil der Straße St. Ildefonſo	5748
Höhe von Caſuerga	2004
= der Sierra Morena	2292
= derſelben in Puerto del Rey	2142
= von Trembleque	1927
Malhao de Serro	8000
Muela de Ares	4074
Paß von Guadarama	4526
Penagoloſa	2268
Penalura	7392
Picacho de la Veletta	6974
Pico auf der Sierra Eſpadan	3394
Serra de Foia	4000
Sierra von Luxar	5957
Spitze des Guadarama-Gebirges	8000

XXXIII. Höhen in England und Schottland.

Allington Knoll	309
Arbery-Hill	754
Arran Fowddy	2773
Arrenig	2636
Axedge	1645
Bagſhot-Heath	434
Barſtead	540
Bar-Beacon	612
Bardon-Hill	800
Beacon-Hill	647
Beacons	2685
Beaſton-Caſtle	800
Bebinam-Brav	2953
Bein	2212
Ben Cleugh	2269
= Chochan	2814
= Chonzin	2740
= Deiry	3329
= Gloe	3495
= Lady	2822
= Laibers	3766
= Lommond	3059
= Mere (Fouther-landſhire)	3658
= Mere (Portſhire)	3628
= Newis	4108
= Newin	2814
= Noirlich	3095
= Newis	3489
Blackcomb	1801
Black Down	766
Black-Hambleton-Down	1169
Blacklarg	2710
Black-Houſe-Feights	2223
Bleadale-Foreſt	1604
Bottley-Hill	835
Boulsworth-Hill	1585
Bow-Fell	2735
Bow-Hill	659
Bradfield-Point	1169
Bradley-Knoll	913
Broadlaw	2632
Broadway-Beacon	1019
Brown-Clee-Hill	1694
Brown-Willy	1284
Bruckhill	2229
Cadre-Ferwyn	2405
Cadre-Idris	2734
Caigram	3798
Cairgorm	3798
Cairn-Kinnow	1951
Cairnferg	1968
Calf-Hill	2053
Cam-Fell	2086
Capellante	2246
Carmorthen-Vau	2436
Carnedd-David	3215
Carned-Clewillyn	3255

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe	Name des Berges	Höhe
Carraton = Hill	1133	Holme = Maß	1749
Caſtle = King	827	Holy = Head = Mountaine	665
Cat = Low	2123	Ingleborough = Hill	1951
Chameragh = Riedge	2026	Inkpin = Beacon	949
Cheviots = Hill	2515	Kairn = Kinnow	1951
Collier = Law	1574	Kithill	1001
Coniſton = Fell	2418	Klochnabane	2223
Cradle = Mountain	2388	Knok = Mele = Dawn	2532
Croagh = Patrick	2500	Leith = Hill	932
Croß = Fell	2721	Lillghoe	656
Crashfeld	3180	Llandinan = Mountain	1791
Crouagh	3179	Llanelian = Mountain	1041
Crowlorough = Brawn	754	Llangeinor = Mountain	1744
Dean = Hill	506	Long = Mount = Foreſt	1571
Dent = Hill	1046	Long = Mountain	1248
Dilchling = Beacon	805	Looſehoe	1317
Dollaburn	2663	Lord = Seat	1609
Dover = Caſtle	440	Lowther = Hill	2365
Dunkery = Beacon	1565	Macgillicuddys Reeghs	3193
Dunnoſe	743	Malvernhill	1354
Dwygan	1943	Mangeſton	2349
Epwell = Hill	784	Meal = Fourvoung	2879
Ettrick = Pen	2092	Millwood = Fell	1876
Fairlight = Down	562	Minchmoor = Hill	1876
Farley = Down	657	Moel = Eilio	2225
Firle = Beakon	769	Moel = Fammau	1731
Folkſtone = Turnpicke	539	Moel = Morwith	1658
Frante = Stuple	617	Mount = Batok	3236
Furland	452	Mourne = Hill	2345
Gareg = Mountain	783	Mow = Capt	1024
Garriach	2814	Nephin	2476
Garth	920	Nine = Standards	2009
Glumſeugh	2063	Orpit = Hights	1055
Goatfield	2762	Pendle = Hill	1692
Grasmere = Fell	2590	Penn = Hill	2106
Hartfill	3099	Pengaen	1416
Hatherſedge	1293	Penmagen = Maur	1445
Hedgehope	2204	Pennigent = Hill	2130
Hillwellyn	3117	Peter = Hill	2532
Hensbarrow = Beacon	970	Pillar	2716
Highdere	844	Plynlimmon = Mountain	2310
High = Picke	1971	Quensberry = Hill	2311
Hillſileng	1968	Radnor = Foreſt	2030
Hollan = Hill	593	Rivel = Mountain	1751

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Rivington = Hill	1450
Rodneys = Pillar	1125
Rooks = Hill	659
Roseberry = Topping	959
Rumbles = Moor	1227
Sadleback	2860
Sairooch	3189
Sea = Fell	2970
Shehallien	3343
Sherwood = Forest	563
Shlirb = Dornin	2954
Shunnor = Hill	2185
Skiddow	2835
Snowdon	3355
Stow = Hill	1330
Stowon	828
Tregarron	1639
Tintohice	2281
Trelley = Beacon	949
Water = Cragg	1750
Weaver = Hill	1083
Wendover = Down	849
Wharms = Hill	2329
Whernside (Ingleton Falls)	2240
Whernside (Kettlewellthal)	2250
White = Horse = Hill	837
White = Hill	1523
Wrekin	1238

XXXIV. Höhen auf den nordischen Inseln.

Hecla	4790
	4600
Parnassus	3714
Schwarze Spitze	4244
Skalingsfield	2040
Wester Jökull	4800
	4424

Name des Berges	Höhe
Skandinavische Gebirge.	
I. Norwegen.	
Age = Ruden	4304
Akka = Solki	3186
Berge, höchste, auf Hindöe, Vanöe, Arenöe, und die zwei schroffen Felsen auf Dunöe	3000
= am Ostufer der Insel Qualöe	2000
Bergkette, welche Beyernfiored einschließt	3000
Dovrefield	4297
Farefield	4000
Field (das steile)	2034
Folge = Fonde	5432
Jökullfjall	3500
Kieringfjall	2704
Kornotjokko	4400
Lyngens = Gebirge	4000
Melderskyn	4558
Midtskoug	2000
Nordkapfelsen	1200
Ruppi = Vara	2494
Dyskavelenfield	3000
Pädnack	3217
Prästekonen	1998
Revils = Eggen	4292
Schwestern (sieben)	4000
Skirri = porri	2680
Skollen	2500
Storwandsfield	3330
Strandäfjallet	3005
Strömklumpen	2689
Sule = Tind	5524
Tulpajegna	3800
Zollmijaur	2100
II. In Schweden.	
Adelat	4856
Almajalojegna	5200

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Areskut	4850
Jegna-Apo	5339
Kaskaiva	4500
Kairo	3008
Nord-Cap	1200
Sákkoh	3000
Saulo	5399
Schneehättan	7620
Skaika	4750
Sutitelma:	
= 1) höchste Spitze	5796
= 2) Ostspitze	5544
= 3) Nordnordwestspitze	5264
= 4) Südspitze	5173
Sylfjällen	2787
Syltoppen	6079
Valli	4700
Vallispicken	4100
XXXV. In Asien.	
Ararat (höchster)	17000
Atlai (kleiner)	6558
Belki-Tigher	5643
Chipka-Pic	19411
Caucasus, Gebirgskette: mittlere Höhe des Kammes	7980
= höchster Gipfel	16698
Cholhum, Schneegebirge	6231
Chur (Ostindien)	11394
Chur (Himalaya)	11044
D'haibun	23214
Dhawalagiri	26340
Dholagir	23999
Dschamantel	23925
Dschawechir	24156
Elbrus	16800 17388
Gete	8000
Grenzgebirge zwischen China und Rußland	15810
Himalaya: mittlere Höhe der Pässe	14592

Name des Berges	Höhe
Himalaya: mittlere Höhe der Kämme	14592
= höchster Gipfel	26340
Höchster der Vulcane auf Sumatra	1377
Imaus	23424
Italiz	10068
Kholzure	6473
Kschees	5370
Mawna Koah (O-Whyhee)	13080
= Roach (O-Whyhee)	14894
= Woraray (O-Whyhee)	10122
Namaany Cooly Kandy (Ceylon)	5206
Oata-Dhoora, Paß an der Grenze der chinesischen Tartarei	16678
Ophyr (Sumatra)	12976 12162
Pawdinskoi-Kamen	6367
Pic Adam's (Ceylon)	5772
Schlangenberg	1548
Sinai	6951
Sinaja-Sopka	3631
S. Lioudranaia Gora	2724
St. Katharina	8400
Tiegereck	5240 4613
Tumel-Mezereb	8946
Yamunavatari	22214
XXXVI. In Afrika.	
Ambohistmensische Gebirge	10800
Atlas in Marocco, höchste Spitze	13200
= Hochebene	10800
= Vorgebirge	7200
Capberg	1476
Corona	1837
Dianenberg	2692

Digitized by Google

Name des Berges	Höhe
Esperanza (canarische Inseln)	2563
Guimar (Teneriffa)	4020
Kamberg	5300
Löwenkopf	2585
Pic auf Pico	6558
Pico de Teyde	11406 / 11378
Piter-Boot	2556 / 2544
Riebeckscastel	2892
Salazes-Gebirge	10158 / 9600
Schneeberge in Süd-Afrika	6000
Tafelberg	3666 / 3598
Teufels- oder Windberg	3100
Tereda (canarische Inseln)	2945
Vulkan von Guimar	4020

XXXVII. Gebirge in Amerika.

I. Die Cordilleras de los Andes in Süd-Amerika.

Mittl. Höhe der Pässe	10914
= = der Kämme	11100
Höchster Gipfel	23646
Alto de Proble	5802
Alto de Roble	8328
Alto de las Sepulturas	8262
Antisana Vulcan	17958
Capac-Urcu	16380
Cargueivirazzo	14700
Catocache	15420
Cayambe-Urcu	18330
Cerro de Cocollar	2448
= de St. Pallonia	9192
= de Sitzan	11622
Chimborazo	20148
Chussalong oder Corazon	14820
Cofre de Perate	13110
Cuptana	9546
Descabezado	20000
Duida	7854
El-Sergento	5160
Garita del Paramo	10794
Guaragua Pichindra	14592
Höhe von Pitatumba	8868
= = Pucara	9756
= = Quilquasi	6030
= = Sunigaicu	13578
Javirac	9612
Illiniza	16302
Montana del Paraguay	8838
Paramo de Chulucanas	8190
= de Guamani	10284
= del Poliche	10788
= de Yamoca	8334
Pic la Cuesta de Tolima	4200
= Mulada	10944
Pichaco de los Ladrillos	14412
Porto Chuelo (Spitze)	5736
Rucu-Pichincha	14988
Salto de Tequendama	7596
Schinchulahua	14420
Serro de Avila	8100
Sierra Nevada de Merida de Maracaibo	14100
Tablahuma	14136
Tungurahua	15264
Tumiriquiri	5856
Vulkan von Arequipa	8392
= = Puracé	13650
= = Sangay	16080
= = Tungurahua	15558 / 15264
Weg von Asuay (höchster Punct)	14561

Name des Berges	Höhe
II. Cordilleras in Nord-Amerika.	
Alberco de Palangeo	5536
Cerro Aruseo	11310
" de la Cruce	9882
" de la Giganto	4619
" de Maculteपे	4734
Cofre de Perote	12588
Cruz del Cerro de St. Michael	6612
Eliasberg	16924
El-Jacal	9618
El-Fraile	14232
Fairwether	13824
Hohe Ebene von Tinaxas	8364
Hohe Ebene Las Joares	8160
Los Lanitos	8665
Mamanchota	8826
Nauopantepetel	12132
Pic (große)	18581
" Tancitaro	9852
Sierra de Cordova	9930
Sitlaltepel	16332
Stony Mountains	3300
Ventoso (Spitze)	8772
Vulkan von Colima	9850
" Jorullo	4002
" Itzaccihuatl	14766
" v. Orizaba	16332
" Popokatepetl	16584
III. Gebirge im nordamerikanischen Freistaate.	
Alleguanygebirge (Höhe)	3055
Ascutney	1905
Blauen-Gebirge	1920
Jacksons Warmquellen-Gebirge	1893 / 2204
Koatshill	3329
Killington	3239
Monadnoc	3051
Pic Otter	3752
Toresby-Berg	2700
Waitshill	7316
Washington	9379
Watchusetsberge (nördl. höchste)	2825
IV. Berge in West-Indien.	
Blauen Berge	6828
Macanao (Gebirge)	2052
Mount Misery oder Elendsberg	3711
Pelée auf Martinique	4416
Vulkan auf Guadaloupe	4794
XXXVIII. Gebirge in Australien.	
Berg auf Atooi	7296
" Egmont	14370
" auf Otaheite	10230
Mavna Koah	2850
" Koah	13524

Digitized by Google

Die Gebirge sind es vorzüglich, welche die Gestalt der verschiedenen Theile des festen Landes, so wie auch der Inseln bestimmen. So wird Amerika nach seiner ganzen Ausdehnung von Norden nach Süden in einer Länge von 2500 Meilen von den Cordilleras de los Andos durchzogen, und Nordamerika, so wie Südamerika erhalten ihre dreieckähnliche Gestalt durch Gebirge, welche mit den Andes in Verbindung stehen. Auch Europa hat sowohl seine längste Ausdehnung als seine bedeutendsten Gebirgszüge in der Richtung von Osten nach Westen, und ähnlich ist es bei Asien. Der Grund dieser Bestimmung des Festlandes durch die Gebirge liegt darin, daß die Gebirge es sind, welche dem das Land bespülenden Meere feste Punkte entgegensetzen. Daher sind auch alle bedeutenderen in das Meer hinauslaufende Landspitzen mit Gebirgen bedeckt.

Alle Gebirge der Erde scheinen so mit einander in Verbindung zu stehen, daß immer eines die Fortsetzung des anderen ist, doch sind uns viele Theile der Erde, namentlich Africa und Australien noch zu wenig bekannt, um dieß überall nachweisen zu können. Man pflegt deswegen nur einzelne Gruppen von Gebirgen (Bergsystem) bei der Betrachtung zusammenzufassen, und nennt dann denjenigen Punkt, von dem aus mehrere andere Gebirge sich erstrecken, einen Gebirgsknoten. Solch ein Gebirgsknoten ist für Europa der St. Gotthardt in den lepontinischen Alpen. Denn obwohl dieser keinesweges der höchste von den Bergen der Alpen ist, so ist er doch als Mittelpunkt der europäischen Gebirge zu betrachten, weil diese von ihm aus sich erstrecken. Es gehen nämlich vier Hauptgebirgszüge von ihm aus. Der eine geht westlich (Berner Alpen) und theilt sich an der Quelle der Maas und Marne in einen nordwestlichen und einen südwestlichen Arm, wovon der eine nach England, der andere nach Spanien (Pyrenäen) geht. Der zweite Arm vom Gotthardt erstreckt sich in südlicher Richtung (die penninischen Alpen, grauen Alpen, cottischen Alpen, Seealpen und die Apenninen) durch Italien; der dritte geht südöstlich (rhätischen Alpen, Tiroler Alpen, karnischen Alpen, julischen Alpen, dinarischen Alpen, und Hämus, Balkan) nach der Türkei; der vierte nordöstlich (mit vielen Nebenzweigen: Arlgebirge, Schwarzwald mit der rauhen Alp, Fichtelgebirge, Harz, Böhmerwald, Erzgebirge, Sudeten, mährische Gebirge, Karpathen, Wolchonskoiwald, Kiölen) geht in die österreichischen Staaten, bis zu den Karpathen und dem Wolhonskoiwalde, von wo sich Zweige zum Ural und zu den finnischen und norwegischen Gebirgen ziehen. Die einzelnen Gebirge mit ihren Spitzen sind in obiger Tabelle angegeben.

Die höchsten Gebirge sind in Asien. Man kann mehrere Bergsysteme unterscheiden. So das des Ural oder das Pojassowoi-Pawdinskoi-Gebirge, das des Kaukasus, des Taurus und Antitaurus, des Altai, Thianchan, Kuenlun und des Himalaya (Himmelsgebirges). Das Uralgebirge erstreckt sich von Südost nach Nordwest von ohnweit des kaspischen Meeres bis zum Eismeere. Der Kaukasus geht in einer Ausdehnung von 95 Meilen von Südost nach Nordwest zwischen dem kaspischen und schwarzen Meere. Das System des Altai läuft von Ost

Digitized by Google

Ost nach West, ohne bedeutende Höhe zu erreichen, 160 Meilen tief in die Kirgisensteppe. Das Bergsystem von Thianchan ist vom Altai gegen Osten durch eine hohe von Süd-Süd-West nach Nord-Nord-Ost laufende Bergrippe Khingkhan-Oola getrennt; es zieht östlich nach Barkoul, verflächt sich da in die große Wüste Kobi und erstreckt sich nördlich von Kaschgar gegen Samarkand. Das System des Kuenlun beginnt im Westen mit dem blauen oder Zwiebelgebirge und zieht sich gegen Osten nach den Quellen des Hoangho. Das System des Hymalaya ist durch Nebengebirge mit dem Kuenlun verbunden, erstreckt sich größtentheils in der Richtung von Nordwest nach Südost und scheidet Kaschmir, Nepal und Butan von Tibet.

Die Gebirgssysteme Afrikas sind nur wenig bekannt; im Norden der Atlas, der von Osten nach Westen sich erstreckt und an der Straße von Gibraltar in den Berg Abyla ausläuft, dem gegenüber auf der spanischen Küste der Felsen Kalpe liegt. Diese beiden Berge heißen die Säule des Herkules. Das westlichste Ende des Atlas ist das Vorgebirge Spartel am atlantischen Meere. —

In Amerika sind die Cordilleras de los Andes schon erwähnt worden, von denen sich Aeste nach Nord-Amerika und Süd-Amerika erstrecken.

Was die Massen betrifft, aus denen die Gebirge bestehen, die Gebirgsarten, so lassen sich zunächst zwei Klassen unterscheiden, nämlich Gebirgsarten, in denen organische Ueberreste (Ueberreste von Thieren und Pflanzen) gefunden werden, und Gebirgsarten, welche keine solche Ueberreste zeigen. Die ersteren werden nach Werner eingetheilt in aufgeschwemmtes Land, Flötzgebirge und Uebergangs-Gebirge. Sie liegen allgemein in einzelnen Schichten oder Lagern übereinander, so daß man sieht, wie sie sich als Niederschläge aus Wasser gebildet haben. In den ältesten Gebirgen, den Urgebirgen, kommen dagegen keine organischen Ueberreste vor, auch scheinen sie nicht aus dem Wasser abgesetzt, sondern eher durch Einfluß des Feuers entstanden zu sein.

Zu den Urgebirgen gehört der Granit, welcher aus Feldspath, Quarz und Glimmer zusammengesetzt ist, und aus dem die höchsten Gebirge Europas bestehen. Er macht sich kenntlich durch schroffe ungeheure Pfeiler und Felsenthürme, wie die Nadeln und Hörner der Alpen und meistens findet man ihn ganz nackt oder nur mit Nadelholz bedeckt. — Der Gneuß besteht ebenfalls aus Feldspath, Quarz und Glimmer, in dem Glimmer vorherrschend ist, er kommt besonders in den südamerikanischen Gebirgen auf dem Cap der guten Hoffnung, auf den Pyrenäen, auf den Kärnthner Alpen, auf den Vogesen, auf dem Riesengebirge, auf dem Erzgebirge und Fichtelgebirge u. s. w. vor. Er bildet weniger schroffe Abhänge als der Granit und ist meist von großen Nadelholzwaldungen bedeckt. Zu den Urgebirgen gehören ferner der Glimmerschiefer, der sehr häufig vorkommt, und fast nie schroffe Abhänge bildet; der Urtonschiefer mit schiefrigem Gefüge kommt in Europa auf dem Erzgebirge, auf dem Harze, im Böhmerwalde, auf den Pyrenäen u. s. w. vor, er bildet zuweilen jähe Abhänge mit scharfen Vorsprüngen; der Porphyr, welcher vorzüglich in Südamerika

Digitized by Google

auf dem Chimborasso in einer Höhe von 2000 Klaftern und am Vulkan Antisana mehr als 3000 Klaftern über der Meeresfläche (nach Humboldt), in Aegypten, Ungarn, Tyrol, Oesterreich, Frankreich, Norwegen und Schweden vorkommt, und klippige und schroffe Felsenmassen bildet. Mit dem Porphyr kommt namentlich in Aegypten und auf der Insel Cypern der Sienit vor, welcher mehr die Umrisse des Granits zeigt. Auch der Urkalk oder weiße Marmor, der besonders im Bayreuthischen, Salzburgischen, Sachsen, Böhmen, Schlesien, Ungarn, Griechenland, in den Apenninen, bei Carrara, in Sibirien u. s. w. vorkommt und steile Felswände bildet; der Urgyps oder Alabaster, der im sächsischen Voigtlande, in Thüringen, in den Schweizer und Savoyener Alpen vorkommt; der Kieselschiefer (nach Neueren zu den Uebergangsgebirgen gehörend) in Sachsen, Böhmen, Schlesien, in Südamerika u. s. w.; der Serpentin, eine sehr häufig vorkommende Gebirgsart, sind Urgebirge. Die Trappgebirge gehören theils zu den Urgebirgen, theils zu den Uebergangsgebirgen, theils zu den Flötzgebirgen, der wesentliche Bestandtheil derselben ist Hornblende. Diese kommt für sich allein vor als Hornblendeschiefer, mit Feldspath als Grünstein, mit Feldspath und Glimmer als porphyrartiger Urtrapp u. s. w. Der Urtrapp ist über die ganze Erde verbreitet, seltener jedoch in der Nähe des Aequators, als nach den Polen zu. Die Urtrappgebirge pflegen hoch und schroff zu sein, mit einzelnen kugelförmigen Kuppen. Ein seltenes Urgebirge ist der Topasfels, welcher aus feinkörnigem Quarz, Schörl und Topas besteht. Man hat ihn bis jetzt nur im sächsischen Erzgebirge bei Auerbach gefunden, wo der Schneckenstein daraus besteht. Aehnlich ist der Beryllfels in Sibirien bei Mursinsk am Gebirge Odontschelon; und der Hornfels, der in mehreren Gegenden des Harzes vorkommt.

Die Uebergangsgebirge enthalten die ersten organischen Ueberreste. Die Grauwacke besteht aus Bruchstücken von Urgebirgsarten, die durch Thon unter einander verbunden sind, kommt in Sachsen, auf dem Harze, in Böhmen, Schlesien, Thüringen, Salzburg, in der französischen Schweiz, in den Pyrenäen, Ungarn, Italien, England u. s. w. vor, bildet steile Wände und hervorspringende Ecken und häufig kegelförmige Berge. Der Uebergangsthonschiefer kommt meist mit der Grauwacke zusammen vor) Der Uebergangskieselschiefer bildet schroffe, klippige Berge und findet sich im Harz, im sächsischen Erzgebirge, in Böhmen, in der Oberpfalz, in Norwegen und Schweden. Der Uebergangskalk, (von bunten Farben) enthält viele Versteinerungen von Seethieren; auch kommen in ihm die schönsten und größten Höhlen vor. Er findet sich sehr häufig, und bildet steile und schroffe Abhänge. Der Uebergangsgyps findet sich am Montblanc, in der Allee-Blanche, am Mont-Cenis im Salzburgischen und ist wagerecht geschichtet. Der Uebergangstrapp kommt als Grünstein, Mandelstein, Porphyr, Kugelfels oder Leberfels vor. Er findet sich in Böhmen, am Harz, in Schlesien, Schweden, Irland, Schottland, Italien u. s. w. und bildet Berge von rundlicher Form mit kesselähnlichen Vertiefungen.

Digitized by Google

Die Flötzgebirge, welche sich in späterer Zeit gebildet haben, sind in Schichten, Flötzen, über einander gelagert und sind meist von geringerer Höhe, als die Urgebirge und Uebergangsgebirge. Der Sandstein ist ein Gemenge aus Bruchstücken älterer Gebirge von verschiedener Größe. Man unterscheidet verschiedene Arten desselben, welche aber alle darin übereinkommen, daß sie wagerecht geschichtet sind. Wegen der geringen Festigkeit dieser Steinart haben die aus ihm bestehenden Gebirge durch Wasser, welches sie ausgewaschen hat, oft die seltsamsten Gestaltungen erhalten, wie man sie in den Adersbacher Felsen im Riesengebirge, in der sogenannten sächsischen Schweiz an der Elbe bei Dresden, im Gebirge Suytschin in China findet. Der Flötzkalkstein enthält besonders viele Versteinerungen; zu ihm werden der Mergelschiefer, der Kupferschiefer, der Zechstein, der Jurakalkstein, die Rauchwacke, der Höhlenkalkstein, der Muschelkalk und die Kreidegebirge gerechnet. Unter diesen zeichnet sich besonders der Zechstein durch steile sehr bedeutende Abhänge aus. So fällt z. B. der Traunstein mit einer Höhe von über 3000 Fuß fast senkrecht in den Traunsee hinab; der an dem Passe Lueg in Tyrol senkrecht abfallende Felsen ist 6656 Fuß hoch. Der Flötzgyps bildet nur niedrige Berge oder Hügel von rundlicher Form. In dem ältesten finden sich gar keine Ueberreste von Thieren, wohl aber in dem jüngsten, wie er in dem Hügel Montmartre bei Paris vorkommt. Das Steinsalz enthält viele Pflanzenabdrücke und kommt fast überall auf der Erde vor, wie man schon aus den Salzquellen schließen kann. In Tyrol und Salzburg kommt es in einer Höhe von 4000 Fuß vor, gewöhnlich aber sind die Salzgebirge unbedeutende Hügelreihen. Die Steinkohlen enthalten eine Unmasse von Versteinerungen und sind sehr weit verbreitet. In unseren Gegenden kommen dieselben nicht in bedeutenden Höhen vor, in Südamerika aber finden sie sich am Magdalenenflusse in einer Höhe von 12000 Fuß.

Die Flötztrappgebirge sind noch später als die Flötzgebirge durch Anschwemmungen entstanden. Sie bilden Kegelberge und man unterscheidet eine Menge zu ihnen gehörige Gebirgsarten, als Basalt, Wacke, Grünstein, Mandelstein, Porphyrschiefer, Graustein, Trapptuff. Besonders zeichnen sich die Basaltberge aus, welche meist vereinzelt, zuweilen aber auch, wie im Rhöngebirge u. a. in ganzen Reihen zusammenhängend vorkommen.

Man hat lange Zeit gestritten ob die Basaltgebirge, so wie die Porphyr- und Trappgebirge, durch Einfluß des Wassers, oder durch Einfluß des Feuers entstanden wären, in neuerer Zeit ist es namentlich vom Basalt erwiesen worden, daß er dem Einflusse sowohl des Wassers als auch vorzüglich des Feuers seinen Ursprung verdanke.

Das aufgeschwemmte Land bildet sich durch Absetzung aus den Flüssen noch jetzt vor unseren Augen. So ist Holland vom Rheine, das Delta (der unterste Theil Aegyptens) vom Nile angeschwemmt worden und noch augenfälliger geschehen derartige Anschwemmungen durch die gewaltigen Ströme Amerika's. Bei den früheren gewaltigen Ueberschwemmungen der Erdoberfläche hat sich in noch viel größeren Massen aufgeschwemmtes Land abgesetzt. Wie seine Entstehung schon

Digitized by Google

vermuthen läßt, enthält es in großer Menge organische Ueberreste, und ist wagerecht gelagert (nach den verschiedenen auf einander folgenden Fluthen, aus denen es sich abgesetzt). Es bildet (mit seltenen Ausnahmen) bei weitem nicht so harte Felsarten, wie das Urgebirge und Flötzgebirge, sondern ist meist weich und zerreiblich. Das aufgeschwemmte Land wird in Gebirgsarten des Hochlandes und Gebirgsarten des flachen Landes eingetheilt. Die ersteren heißen auch Seifengebirge, weil man die in ihnen enthaltenen Körner von Erzen und Edelsteinen durch Seifen oder Auswaschen aus ihnen gewinnt. Sie finden sich meist in den tiefen und weiten Thälern der Urgebirge und bestehen aus Sand- und Gruslagern, zuweilen auch aus Lehmlagern. Sie finden sich fast bei allen Gebirgen, aber nur da wo es sich lohnt, d. h. wo sie edle Erze oder Edelsteine enthalten, sind Seifenwerke angelegt. Zu dem aufgeschwemmten Lande gehört auch die Nagelfluh, welche ihren Namen in der Schweiz von der Aehnlichkeit mit eingeschlagenen Nägeln erhalten hat. Man unterscheidet Nagelfluh von mehreren Gebirgsarten und Kalknagelfluh. Jene ist ein Gemisch von Trümmern von Granit, Gneuß, Porphyr u. s. w. das durch eine kalkige oder thonige Masse zusammengehalten wird. Die Kalknagelfluh enthält vorzugsweise Bruchstücke von Kalkstein. Man findet die Nagelfluh vorzüglich in den Alpen, im Thüringerwalde, an den Ufern der Ilm bei Weimar. — Die aufgeschwemmten Gebirge des niedrigen Landes sind theils durch chemische, theils durch mechanische Niederschläge entstanden. Zu den letzteren gehört das Thonland, Sandland und Moorland (wozu die verschiedenen Torfarten gehören). Durch chemische Niederschläge sind der Kalktuff und Kalksinter entstanden.

Besonders müssen noch die vulkanischen Gebirgsarten unterschieden werden, obschon sie eigentlich nur durch das Feuer bewirkte Umgestaltungen der vorerwähnten Gebirgsarten sind. Man theilt sie in ächt vulkanische und unächt vulkanische Gebirgsarten, von denen die ersteren die sind, welche von den Vulkanen in ihrem Innern erzeugt und ausgeworfen werden; die letzteren sind Gebirgsarten, welche in ihren Lagern durch Erdbrand mehr oder weniger verändert worden sind. Die Vulkane werfen theils Asche, Rapilli (ital., Steintrümmer) und Gerülle aus, theils strömt feurig flüssige Masse, Lava, aus ihnen aus, theils wäßrig flüssige Masse, theils endlich hauchen sie in Form von Dämpfen Schwefel, Salmiak und ähnliche Stoffe aus, die sich dann an dem oberen kalten Rande des Kraters wieder in feste Massen verwandeln (Sublimate). Auch Kochsalz wird ausgeworfen, z. B. vom Hekla auf Island. Die vulkanische Asche, welche als eine ganz trockne, oft sehr feine Masse von den Vulkanen ausgestoßen und oft sehr weit durch Winde fortgetrieben wird, oft in solcher Menge niederfällt, daß sie ganze Hügel bildet, ist sehr begierig, Wasser einzusaugen, wovon sie dann aufquillt und beim Austrocknen steinhart wird. Solche durch Regen oder durch die Feuchtigkeit der Luft erhärtete vulkanische Asche ist die Puzzolanerde, welche besonders brauchbar zum Wasserbau ist. — Die Lava zeigt schon durch ihr schlacken-

Digitized by Google

artiges Ansehen, durch ihre glasähnliche Zerspringlichkeit, durch ihre vielen Blasen und Zwischenräume, daß sie durch Feuer entstanden sei. Man unterscheidet dichte Lava, welche die größte Härte hat, an den Kanten durchscheint und von schwärzlicher oder grauer Farbe ist; Schlackenlava; Schaumlava (die so leicht ist, daß sie auf dem Wasser schwimmt, und sich am Vesuv und am Hekla findet); Glaslava, welche dem Glase am ähnlichsten ist und sich häufig auf den vulkanischen Inseln der Südsee findet. Zwei verschiedene Lavaarten, die mehr erdig sind, sind der Piperno (bei Neapel) und der Peperino (bei Rom). Alle Arten der Lava, mit Ausnahme der Glaslava wirken auf den Magnet. Einige geben im Dunkeln gerieben einen röthlich blauen phosphorischen Schein von sich. Die aus den Vulkanen ausfließenden wässerig flüssigen Massen machen im Allgemeinen den vulkanischen Tuff aus. Derselbe besteht aus vulkanischer Asche, Sand u. dergl., durch Zutritt des Wassers im Innern des Vulkans in eine breiartige Masse verwandelt, welche als solche ausgeströmt ist und dann in niedriger gelegenen Gegenden sich gesammelt hat und zu einer steinartigen Masse erhärtet ist. Jede neue Ergießung bewirkt eine neue Schicht, indem sich dabei noch flüssige Massen auf schon verhärtete lagern. Der römische Tuff zeigt deutlich solche Schichtung. Der Traß (Tuffstein, Leberstein) enthält verkohlte Aeste und Stämme, Blätterabdrücke u. dergl. und findet sich am Rhein. Der Bimsstein kommt besonders auf den Liparischen Inseln auf dem Pic von Teneriffa, Island und auf Inseln der Südsee, aber auch in Ungarn und am Rheine vor; man hat, sowie beim Traß in neuerer Zeit an seinem vulkanischen Ursprunge gezweifelt. Schwefel und Salmiak wird häufig in Dampfform von den Vulkanen ausgestoßen und sublimirt dann. So wurde beim Ausbruche des Vesuvs im Jahre 1794 so viel Salmiak erzeugt, daß die Bauern viele hundert Centner davon sammeln und verkaufen konnten.

Unächt vulkanische Gebirgsarten werden erzeugt, wenn sich Steinkohlenlager durch einen Zufall entzünden, langsam unter der Erde fortglimmen und durch die so erzeugte Hitze die über ihnen lagernden Gebirgsmassen umändern. Solche Erdbrände oder unächte Vulkane kommen besonders vor in Böhmen, in Sachsen bei Zittau, im Nassau- und Saarbrückischen bei Duttweiler, im Hessischen im Habichtswalde, in der Preußischen Provinz Sachsen bei Wettin, in Frankreich bei St. Etienne und Chaumont; in England bei Newcastle und Whitehaven, ferner in Schottland; Italien, Sibirien. Die halbverbrannten Steinkohlen heißen Coaks; und nach Werner ist der Polierschiefer die Asche der verbrannten Steinkohlen, welche vom Wasser fortgeschwemmt sich anderwärts zu Boden gesetzt hat und dann verhärtet ist. Sonst gehören zu den unächt vulkanischen Gebirgsarten der Porzellan-Jaspis, der gebrannte Thon, der gebrannte Eisenstein, die Erdschlacken, und Schwefel und Salmiak als Sublimate.

Die feuerspeienden Berge oder Vulkane (von dem römischen Gotte Vulcan, welcher im Aetna auf Sicilien seine Schmiede-

Digitized by Google

werkstatt haben sollte), sind im Allgemeinen von kegelförmiger Gestalt. Diese Gestalt geben sich die Vulkane selbst. Denn es darf sich nur eine Oeffnung im Erdboden bilden, welche Lava ausströmt, Asche und Steine auswirft, so wird sich um sie herum von selbst ein kegelförmiger Hügel, welcher nach und nach zum Berge anwächst, bilden. Daß dieß wirklich so geschieht, hat man namentlich bei Entstehung des Monte Nuovo (neuen Berges) bei Puzzuoli im Neapolitanischen beobachtet. Nachdem man einige Zeit vorher schon wiederholte Erdbeben bemerkt hatte, zeigte sich in der Nacht vom 29sten zum 30sten September 1538 auf einer Ebene in der genannten Gegend eine Oeffnung des Erdbodens, aus welcher unter fürchterlichem Getöse wie das des Donners während mehrerer Tage eine große Menge vulkanischer Erzeugnisse geworfen wurde, die sich anhäufte und einen kegelförmigen Berg bildete, der noch jetzt eine Höhe von beinahe 1000 Fuß hat. Die Oeffnung, aus welcher die feuerspeienden Berge ihre Erzeugnisse von sich geben, und die kessel- oder trichterförmig zu sein pflegt, heißt Krater (v. d. griech. κράτηρ, Becher). Der bedeutendste Krater ist in der Regel auf dem Gipfel des Berges, von wo aus er sich immer enger und enger werdend bis tief hinab in die unterirdische Werkstatt des Vulkans erstreckt. Häufig stürzt der Rand des Kraters hinab in denselben oder wird beim Herausschleudern der glühenden Massen mit fortgerissen, so daß sich die Gestalt des Kraters mit der Zeit ändert; doch nicht bloß aus dem Krater auf dem Gipfel des Berges pflegen sich die feurigen Massen zu ergießen, sondern häufig öffnen sich neue Krater an der Seite des Berges, welche dann neue Kegel erzeugen, wodurch die ganze Gestalt des Berges Veränderungen erleidet. So ist der Aetna in Sicilien, welcher 15 deutsche Meilen im Umfange hat, gleichsam ein großer Haufen von Vulkanen. Das Innere des Kraters des Vesuvs ist mehrere Male besichtigt worden, namentlich im J. 1826 im November von zwei Engländern. Dasselbe zeigte sich in den mannichfaltigsten Mineralfarben prangend als ein Gemisch aller oben erwähnter vulkanischer Gebirgsarten. Merkwürdig ist, daß diese Engländer, während aus allen Spalten fürchterlich heiße Luftströme aufstiegen, dennoch eine schneidende Kälte empfanden. Aus einer Spalte von der Außenseite des Kegels, die nur einen Finger breit und wenig länger war, stieg ein so heißer Luftstrom auf, daß ein Bündel Farrenkraut, welches vom Regen noch ganz naß war, im Augenblicke, wo es auf die Spalte gelegt wurde, in hellen Flammen auffloderte. Eine merkwürdige Erscheinung bietet auch der Krater des Schwefelvulkans auf der Insel St. Lucie in Westindien dar. Derselbe ist sehr leicht zu besteigen, und man findet in ihm 22 große Becken zum Theil von 20 Fuß Durchmesser, welche mit Wasser gefüllt sind, das heftig zu sieden scheint, indem es Blasen von 4 — 5 Fuß Höhe wirft. Dieses Wallen wird durch Gase und Dämpfe bewirkt, die sich aus dem Grunde der Becken erheben.

Der Ausbruch eines Vulkans ist vielleicht die schönste, zugleich aber auch fürchterlichste Naturerscheinung. Ein solcher wird gewöhnlich durch heftige Erderschütterungen angekündigt, dann erhebt sich Rauch, Asche und eine Menge verschieden großer Steine, und endlich eine un-

Digitized by Google

geheure Feuersäule so dick als der Krater weit ist und mehrere 1000 Fuß hoch (beim Vesuv oft über 6000 Fuß). Zuletzt ergießt sich die Lava, welche am Berge herabfließt, und besonders zur Nachtzeit als ein glühender Strom erscheint. Die Hitze der Lava am Rande des Kraters wird auf 1400° R. geschätzt. Da die Oberfläche des Lavastromes an der Luft bald zu erstarren anfängt, so bewegt sich der Strom nur langsam fort, nach Parrot beim Vesuv 2 bis 4½ italienische Meilen in drei Stunden. Die Geschwindigkeit des Stromes nimmt immermehr ab, bis sie endlich gesteht. Inwendig erhält sich jedoch die Wärme oft noch Jahre lang.*) Diese Lavaströme richten oft furchtbaren Schaden an. So schwoll bei dem Ausbruche des Vesuvs im J. 1794 ein Strom brennender Lava, der aus der Vereinigung mehrerer kleinerer entstanden war, so außerordentlich an, daß er aus seinen Ufern trat und sich in einen nahen Abgrund stürzte, wo er eine ungeheure Kaskade bildete und in seinem Laufe Kirchen, Klöster, Landhäuser, und was ihm sonst vorkam, nieder- und mit sich fortriß. Seiner Zerstörung entging auch nicht die schöne und reiche Stadt Torre del Greco, die 18000 Einwohner und eine Menge schöner Gebäude enthielt. Von hier setzte der Strom seinen Lauf bis ans Gestade fort, und fiel endlich mit einem gräßlichen Zischen in das Meer, wo er eine Halbinsel bildete, die 12 Fuß über dem Wasser emporragte, über 100 Fuß breit und 600 Fuß lang war. — Die Länge eines Ausbruchs ist sehr verschieden; es treten oft stunden- und tagelange Pausen ein. Die ganze Erscheinung ist mit einem fürchterlichen Krachen und Knallen im Innern des Berges und Erderschütterungen verbunden. Dazu ziehen sich in der Atmosphäre die furchtbarsten Gewitter zusammen, welche durch unzählige Blitze und das Brüllen eines unaufhörlichen Donners die ganze Erscheinung noch schreckhafter machen. Oft tritt eine plötzliche Nacht ein, eine Unmasse von Asche fällt herab, welche ganze Gegenden zu begraben vermag, wie denn ein derartiger Aschenregen aus dem Vesuv im J. 79 nach Chr. Geb. am 23sten August die drei römischen Städte Herculanum, Pompeji und Stabiä gänzlich begrub.**) Dazu kommen gewöhnlich unerhörte Regengüsse, welche sich mit der ganz trockenen Asche verbinden, so daß diese nach der Zeit zu einer steinigen Masse, wie schon oben erwähnt, sich umwandelt. Asche und Dampf sind das letzte, was nach dem Ausbruche des Vulkans ausgestoßen wird.

---

*) Bakewell behauptet sogar, daß der 1669 aus dem Aetna geflossene Lavastrom 1809 noch nicht völlig erkaltet gewesen sei!

**) Parrot hat berechnet, daß die Lavamasse, welche bei den Ausbrüchen des Vesuvs von den Jahren 1737, 1760, 1767, 1779 und 1794 vom Vesuv ausgestoßen worden sei, 1537367396 Kubikfuß betragen habe. Die ganze ausgeworfene Masse, wenn man Asche und Steine dazu rechnet, betrüge etwa 3000 Millionen K. F., welches etwa der siebzehnten Theil des ganzen Berges wäre.

Häufig zeigen sich nach dem Aufhören des Ausbruches schädliche Gasarten, die aus Löchern und Spalten des Vulkanes hervorbrechen.

Jene genannten Städte Herculanum, Pompeji und Stabiä waren so von Asche bedeckt worden, daß man bis ins Jahr 1706 keine Spur von ihnen entdecken konnte. Da wurden sie durch einen Zufall aufgefunden und man ist seitdem bemüht sie aufzugraben. Mit der Asche fielen auf Pompeji Steine von bedeutender Schwere; ein aufgefundener Menschenschädel zeigt deutliche Spuren, daß er von einem solchen Steine zerschmettert worden ist. Spätere Ausbrüche des Vesuvs haben die Bedeckung jener Städte noch vermehrt, so daß die von Herculanum 70 bis 110 Fuß dick ist, die von Pompeji nur etwa 20 Fuß.

Folgendes sind die bekanntesten feuerspeienden Berge:

Der Vesuv im Königreiche Neapel liegt in einer reizenden Gegend. Seine westliche, dem Meere zugekehrte Seite ist fruchtbar und mit Bäumen bewachsen, die östliche aber öde und unfruchtbar. Sein Krater findet sich auf dem südlichen höchsten Gipfel des Berges und pflegt bei jedem neuen Ausbruche seine Gestalt bedeutend zu ändern. Jetzt soll sein Umfang dreimal größer als ehemals sein, und seine größte Tiefe 2000 Fuß betragen. Der erste Ausbruch des Vesuvs, von dem wir Nachrichten haben, ist der vom J. 79, daß er jedoch schon früher in Thätigkeit gewesen sein muß, dafür zeugt schon der Umstand, daß jene im J. 79 verschütteten Städte mit Lava gepflastert sind. Nach jenem Ausbruche von 79 sind deren noch in den Jahren 203, 472, 512, 685, 993, 1036, 1049, 1138, 1139, 1306, 1500, 1631, 1660, 1682, 1694, 1701, 1704, 1712, 1717, 1730, 1737, 1751, 1754, 1759, 1760, 1766, 1767, 1771, 1779, 1790, 1794, 1798, 1804, 1808, 1811, 1813, 1816, 1818, 1819 und 1822 erfolgt. Als einer der bedeutendsten Ausbrüche ist der von 1794 bekannt. Diesem gingen einige Erdstöße voraus und das Wasser sank in den Brunnen so, daß die Seile verlängert werden mußten. Die aufsteigende Rauchwolke war so groß, daß, nach Hamilton, der Berg unter ihr einem Maulwurfshaufen glich. Einige geben ihre Höhe zu $1\frac{1}{4}$, andere zu 6 Meilen Höhe an; sie wurde von Blitzen und Feuerkugeln durchfurcht und aus ihrem Dampfe bildeten sich Gewitter, von denen eins in St. Jorio am Fuße des Berges einschlug. Unter der feinen Asche brachen 70 Dächer und viele Bäume, sie wurde 250 italien. Meilen bis Tarent getrieben, wo sich aus dem Dampfe gleichfalls noch ein Gewitter bildete. Der Lavastrom, welcher Torre del Greco zerstörte, war bei dieser Stadt 40 Fuß hoch und eine englische Meile breit und ergoß sich 1204 Fuß breit 625 Fuß weit ins Meer, bildete ein neues Vorgebirge und war nach zwei Tagen noch so heiß, daß die See kochte und das Pech an den Schiffen auf 300 Fuß Entfernung schmolz. Dabei war merkwürdig, daß von den 18000 Einwohnern nur 15 das Leben verloren, weil sehr viele erst am folgenden Tage über die im Innern noch roth glühende Lava aus den oberen Stockwerken gerettet wurden, über welche die Weiber selbst Schießpulver und sonstige verbrennliche Sachen forttrugen. Einige Nonnen in einem Kloster kannten die Gefahr so wenig, daß sie sich aus ihren Zellen über die Wärme und Farbe

Digitized by Google

der herandringenden Lava ergötzten. Spätere bemerkenswerthe Ausbrüche desselben waren 1805 mit starkem Auswurfe von Asche und 1822, wobei sich die Asche an einigen Stellen bis 6 Fuß aufhäufte. Die ganze Umgegend des Vesuvs zeigt Spuren unterirdischen Feuers. So ist der See Agnano bei Neapel, der jetzt mit Wasser angefüllte Krater eines eingestürzten ehemaligen Vulkans. Er ist mit einem Walle aus Lava und andern vulkanischen Massen umgeben. Man hat hier Schwitzbäder angelegt, welche in kleinen in den Hügeln ausgegrabenen Kammern bestehen, aus deren Boden heiße Dämpfe emporsteigen. In der Nähe dieses Sees liegt der Berg Astrucci, welcher, wie man aus seiner kegelförmigen Gestalt und seinem noch vorhandenen Krater sieht, ein ehemaliger Vulkan ist. Der See Averno in der Nähe von Puzzuoli ist vermuthlich durch einen eingestürzten Vulkan entstanden. Nach der Aussage der Alten soll er so giftige Dünste ausgeathmet haben, daß kein Fisch in ihm leben konnte und die über ihn wegfliegenden Vögel von der bösen Luft betäubt hineinstürzten; jetzt aber athmet er nur zuweilen ungesunde Dünste aus. Nicht weit vom See Averno, am Strande des Meeres liegt der Monte nuovo, dessen Entstehung im J. 1538 oben erwähnt worden. Sein Krater ist eine Viertelmeile tief und Hamilton, der ihn 1770 untersuchte, bemerkte in der Tiefe ein Loch, aus dem warmer und feuchter Dunst wie von siedendem Wasser emporstieg; er hat bald nach seiner Entstehung mit Ausbrüchen aufgehört und sich zeither ruhig verhalten. Am Ufer des Sees Agnano liegt die Hundsgrotte in einem Lavaberge, aus deren Boden sich schädliche Luft entwickelt. Die Solfatara ist ein kleines Thal auf einer Anhöhe von 1246 Fuß Länge und etwa 1000 Fuß Breite. Unter ihr scheint ein sehr heftiges Feuer zu brennen, denn wenige Fuß unter dem Boden ist die Hitze unerträglich, schwefelig riechende Dämpfe erheben sich aus dem Boden, zuweilen sogar Flammen; auf dem Boden der Solfatara findet man Schwefel und Alaun, und am äußeren Rande befinden sich einige heiße Schwefelquellen, die sich in einem kleinen Teiche sammeln. In der Nähe von Neapel befinden sich die Inseln Ischia, Procida und Nisida, welche offenbar vulkanischen Ursprungs sind. Der Berg Epomeo auf Ischia hat noch im J. 1302 Lava ausgeworfen, ist aber jetzt erloschen. Noch findet sich daselbst eine große von ihm herabgeflossene Lavamasse, Arso genannt. Auf der Insel St. Nicola oder Tremiti entstand am 15ten Mai 1816 ein feuerspeiender Berg, der 7 Stunden lang Steine und Lava auswarf und selbst im J. 1819 noch nicht zur Ruhe gekommen war.

Der Aetna auf der Ostküste von Sicilien ist mehr ein ganzer Haufen von Vulkanen als ein einzelner Berg, und hat einen Umfang von ungefähr 20 deutschen Meilen. Man unterscheidet an ihm vom Fuße bis zur Spitze drei verschiedene Regionen oder Gegenden, nämlich die angebaute Region (ital. Regione colta), welche sehr fruchtbar und mit Städten und Dörfern bedeckt ist. Dann kommt die waldige Region (Regione selvosa), welche große Wälder von Eichen und Kastanienbäumen hat, die zum Theil einen ungeheuren Umfang ha-

Digitized by Google

den.*) Endlich folgt die Schneeregion (Regione nevosa), welche bis zum Gipfel des Aetna reicht, und sogar im Sommer mit Schnee und Eis bedeckt ist, und außerdem ganz aus vulkanischen Erzeugnissen besteht. Nach Dolomieu hat der Krater auf der Spitze des Aetna einen Umfang von 500 Schritt. Nach Spalanzani sind die inneren Wände des ovalen Kraters fast senkrecht und eine halbe italienische Meile tief. Auf dem Boden des Abgrundes bemerkte er ein rundes Loch von 5 Ruthen im Durchschnitte, aus dem sich dicke Schwefeldampfwolken erhoben, und von Zeit zu Zeit in der Tiefe eine flüssige glühende Masse von blutrother Farbe erblicken ließen. Die inneren Wände des Kraters, so wie des Bodens, waren mit orangefärbenen Streifen von Salmiak und Schwefel überzogen. Außer dem Hauptgipfel des Aetna, auf welchem sich dieser Krater befindet, gibt es noch zwei andere Gipfel desselben, welche mit dem erwähnten die Krone des Aetna bilden. Der eine heißt der Monte frumento (Getreideberg), wegen seiner Aehnlichkeit mit einem Getreidehaufen, der andere Monte nuovo, d. h. der neue Berg, weil er erst im J. 1763 entstanden ist. Der Aetna ist sehr häufig bestiegen worden, gewöhnlich von der Stadt Catanea aus. Des Aetna's wird als eines feuerspeienden Berges schon in den ältesten Zeiten Erwähnung gethan, indem seine Ausbrüche bald einem Ungeheuer Typhon, das dort vom Jupiter gefangen gehalten würde und bei Tage Dampfsäulen, bei Nacht Flammen und Steine ausspeie, zugeschrieben wurden, bald dem Vulcan, der dort seine Schmiedewerkstatt haben sollte. Nach Chr. Geb. sind Ausbrüche in folgenden Jahren erfolgt: 40, 254, 420, 812, 1160 und noch einige bis 1181, 1284, 1321, 1323, 1329, 1333, 1381, 1389, 1408, 1444, 1446, 1447, 1488, 1516, 1530, 1536, 1537, 1540, 1545, 1554, 1556, 1566, 1579, 1607, 1610, 1614, 1619, 1631, 1633, 1634, 1636, 1637, 1648, 1650, 1669, 1682, 1688, 1689, 1692, 1693, 1702, 1727, 1732, 1735, 1737, 1747, 1755, 1763, 1766, 1780, 1787, 1792, 1802, 1818 und 1819.

Von 1160 bis 1169 nahmen die Ausbrüche fast kein Ende, wobei die Stadt Catanea die Kathedralkirche und eine Menge anderer Gebäude verlor und 15 bis 16000 Menschen ums Leben kamen. Besonders heftig war auch der Ausbruch von 1669. Bei dieser Gelegenheit entstand der Berg Monte rosso (der rothe Berg). Ein Lavastrom ergoß sich, welcher an manchen Stellen anderthalb deutsche Meilen breit gewesen sein soll, er füllte einen See aus, der eine deutsche Meile im Umfange hatte und etwa 12 Ellen tief war, führte einen Weinberg eine Strecke mit sich fort, überstieg die hohen Mauern von Catanea, zerstörte das Benedictinerkloster, dann aber nahm er seinen Weg nach dem Meere zu, ohne Catanea weiter zu verwüsten.

*) Bekannt ist der Castagno di Cento Cavalli, (deutsch: Baum der hundert Pferde) dessen Krone einen Umfang von 162 F. hatte, jetzt ist er in 5 Theile gespalten, die Krone hat über 180 F. Umfang; es gibt indeß noch schönere Riesenbäume in jenen Regionen des Aetna.

Digitized by Google

Unter fürchterlichen Brausen und Ziſchen ſtürzte er ſich endlich ins Meer und bildete dort einen Berg; der Lavaſtrom hörte erſt nach zwei Monaten ſeit ſeinem Durchbruche zu fließen auf. — Mit dem Ausbruche von 1693 war ein ſchreckliches Erdbeben verbunden, welches in Palermo, Meſſina, Agrigent, Syrakus und am meiſten in Catanea große Verwüſtungen anrichtete, und wobei mehr als 1500 Menſchen umkamen. Im J. 1755 den 10ten März ſpie der Berg einen groſſen Strom ſalzigen und ſehr heißen Waſſers aus, der an manchen Orten über anderthalb italieniſche Meilen breit war; und hierauf folgte noch denſelben Tag ein großer Feuerauswurf. Am 11ten März entſtand 6000 Fuß unterhalb des Kraters eine Oeffnung, aus welcher ein 600 Fuß breiter Lavaſtrom ſich ergoß. Bei dem Ausbruche von 1787 erhoben ſich Feuerſäulen von ungefähr 2 italieniſchen Meilen Höhe, und die ganze ausgeworfene Maſſe iſt auf mehr als 6218 Millionen Kubikfuß berechnet worden. Parrot meint, daß die Maſſe des geſammten Auswurfs des Aetna von 1175 bis 1787 der ſiebzigfachen Maſſe des Veſuvs gleichkomme.

Ganz Sicilien iſt voll von vulkaniſchen Erzeugniſſen. Der See Palius, welcher wahrſcheinlich die Stelle eines ehemaligen Vulkans einnimmt, iſt mit Waſſer von widrigem Geſchmacke gefüllt, welches bald anſchwillt, bald abnimmt, und an einigen Stellen von Zeit zu Zeit 2 bis 3 Fuß in die Höhe ſprudelt. Das Erdreich um den See iſt ſo entzündlich, daß, als man einſt einen Strohhaufen am Ufer anbrannte, der Boden ſich entzündete und mit einer weißlichen matten Flamme mehrere Monate lang fortbrannte, bis man ihn endlich mit großer Mühe zu löſchen vermochte. Beſonders merkwürdig iſt der Luftvulkan Macaluba zwiſchen den Städten Girgenti und Arragona. Er iſt ein kleiner kegelförmiger Berg, der ſich 150 Fuß über das Thal erhebt. Sein Gipfel iſt eine Ebene von einer halben Stunde Umfang, welche bei anhaltend trockner Witterung mit einer großen Menge kleiner abgeſtumpfter Kegel bedeckt erſcheint, welche höchſtens eine Höhe von $3\frac{1}{2}$ Fuß haben. Aus dem Krater eines ſolchen Kegels erhebt ſich alle zwei bis drei Minuten eine Blaſe von grauem feuchten Thone, die ſich als eine Halbkugel über den Krater erhebt, bis ſie mit einem kleinen Knalle, ähnlich dem, der entſteht, wenn man einen Pfropf aus einer Flaſche zieht, zerplatzt und eine Luftblaſe freiläßt. Außerdem iſt der Boden der Ebene mit kleinen Löchern bedeckt, welche 1 bis 2 Zoll im Durchmeſſer haben, und mit trübem ſalzigen Waſſer angefüllt ſind, aus dem ſich fortwährend Luftblaſen erheben. Bei anhaltendem Regen verwandelt ſich die ganze Oberfläche des Berges in einen Teich von flüſſigem Thone, welcher im fortwährenden Aufwallen ſich befindet. Bisweilen finden aber unter fürchterlichem unterirdiſchen Getöſe und unter Entwickelung von Schwefeldämpfen bedeutende Auswürfe von Erde, Schlamm und erweichtem Thone ſtatt.

Die nördlich von Sicilien liegenden Liparifchen Inſeln ſind ſämmtlich vulkaniſchen Urſpruges. Die bedeutendſte, Lipari, hat mehrere heiße Quellen. Volcano beſteht, ſo wie die übrigen aus einem einzigen Vulkane. Dieſer hat einen Krater, deſſen oberſter Durch-

Digitized by Google

messer gegen eine halbe ital. Meile beträgt, und der eine sehr bedeutende Tiefe hat, dabei aber fortwährend Rauch ausstößt. Die bedeutendsten Ausbrüche fanden in den Jahren 1444, 1731, 1739 und 1771 statt. Die Insel hat auch mehrere heiße Quellen und ist ganz öde und unbewohnt. Eine eigene Insel war früher Volcanello, welche jetzt durch aufgehäufte Lava mit Volcano zusammenhängt. Die Insel Stromboli ist ein Vulkan, der seit 290 J. v. Chr. Geb. in fortwährender Thätigkeit ist, und stets in einen dicken Rauch eingehüllt ist. Der Krater, welcher nach Dolomieu einen Durchmesser von 50 Schritt hat, liegt 400 F. unter dem Gipfel am nördlichen Abhange des Berges, und alle 7 bis 8 Minuten erfolgt aus demselben ein Ausbruch von Flammen und glühenden Steinen, die in der Regel wieder in den Krater zurückfallen, und nur bei einzelnen heftigeren Ausbrüchen weit fortgeschleudert werden.

Im griechischen Archipel liegt die Insel Milo, in deren Innerem vulkanisches Feuer brennt; die Luft über ihr ist stets mit ungesunden Dämpfen erfüllt, und sie ist reich an Schwefel, Alaun und heißen Bädern. Eben da liegt auch die Insel Santorino, deren Boden fast nur aus Asche und Bimsstein besteht, aber trefflichen Wein hervorbringt. Seit 1707 hat kein vulkanischer Ausbruch wieder stattgefunden. Im J. 1707 erhob sich bei Santorino nach einem heftigen Erdbeben eine ganz neue Insel aus dem Meere.*)

Sehr merkwürdig sind die vulkanischen Ausbrüche auf Island, die sich daselbst (mit Zurechnung der Ausbrüche, die man in der umgebenden See bemerkt hat) nach Mackenzie über 2860 geogr. Quadrat-Meilen erstrecken. Da Island zwischen 63 und 67° nördlicher Breite liegt, so befindet sich die Schneelinie schon in einer Höhe von 2270′ und daher sind alle ihre Vulkane mit Schnee und Eise bedeckt, welches durch die Glut der Lava geschmolzen wird. Daher ergießt sich mit dieser stets ein großer Strom Wasser, welches durch Schmelzung ungeheurer Schnee- und Eismassen entsteht. Sie zeigt überdem eine große Anzahl heißer Quellen, unter denen der Geiser die berühmteste ist, s. d. Art. Quellen, heiße.

Der Hekla liegt in der Nähe des Meeres auf der Südseite von Island. Der erste Ausbruch desselben, dessen gedacht wird, hat im J. 1004 stattgefunden. Späterhin werden Ausbrüche in den Jahren 1137, 1222, 1300, 1341, 1362, 1389, 1538, 1619, 1636, 1693, 1766 und der letzte 1772 erwähnt. Seitdem ist zwar kein Ausbruch erfolgt, daß indeß keinesweges das vulkanische Feuer in ihm erloschen sei, davon zeigt die Hitze, welche aus seinem Innern nach der Oberfläche sich verbreitet. Mackenzie fand Schlacken, welche so heiß waren, daß er sie nicht in die Hand nehmen konnte. Der Kötlugia oder Katlegiaa tobte zuerst 894 und später noch 5 mal bis 1755 und vom Januar bis September 1756 erfolgten noch 5 andere Ausbrüche.

---

*) Muncke meint, es habe nur eine Zerreißung der größeren Insel stattgefunden.

Digitized by Google

Dem Ausbruche im October 1755 gingen heftige Erdstöße voraus, dann stiegen Flammen aus 3 Oeffnungen des Berges empor, wodurch sogleich eine solche Menge Eis geschmolzen wurde, daß eine 4 Meilen breite Fluth, welche mächtige Eisblöcke und darin sitzende Felsen fortwälzte, das Land vom Berge bis ans Meer bedeckte. Aus der dicken Rauchwolke fiel nicht bloß Asche, sondern auch Bimsstein in Stücken bis 3 Pfd. schwer herab, insbesondere aber zeigten sich in derselben die auch sonst vorkommenden Feuerkugeln, welche zerplatzen und Steine fallen lassen, in großer Zahl. Merkwürdig war, daß auf dem Steinhagel ein wirklicher Hagel folgte, aber in den Körnern war in jedem ein Steinchen oder eine kleine Menge Asche enthalten. Da, wohin die Asche durch den Wind getrieben wurde, war es ganz finster, und das Krachen hörte man auf 30 Meilen Entfernung. Besonders schrecklich war der Ausbruch des Skaptar-Jökul*) im J. 1783 (der einzige von ihm bekannte), welcher 6 Wochen dauerte. Sommer theilt nach sicheren Quellen folgende Beschreibung desselben mit:

Bereits gegen das Ende des Januars 1783 bemerkte man ungefähr 6 oder 7 deutsche Meilen südwestlich von dem die südwestliche Spitze Islands bildenden Vorgebirge Reikianes im Meere Flammen, welche sich über dem Wasser zeigten. Zu gleicher Zeit erschienen daselbst verschiedene kleine Inseln, die jedoch später wieder verschwunden sind. Diese Flammen dauerten mehrere Monate, während welcher große Mengen Bimsstein und dünne Schlacken an verschiedenen Theilen der südlichen Küste angespült wurden. Erst zu Anfange des Junius verschwanden diese Flammen und nun begann dafür der fürchterliche Ausbruch des Skaptar-Jökul, welcher fast in der Mitte der Insel in der niedrigsten Gegend derselben liegt und von obiger Stelle im Meere, wo die Flammen hervorgebrochen waren, auf 45 deutsche Meilen entfernt ist. (Der Hekla liegt, was bemerkt zu werden verdient, fast in gerader Linie zwischen beiden Punkten, verhielt sich aber damals ruhig.) Anfangs wurden nur einzelne Erdstöße bemerkt, aber diese wurden immer häufiger und gewaltsamer und bald erschienen, nachdem eine Menge Rauch und Dampf vorausgegangen, drei große Feuersäulen, welche zuerst abgesondert brannten, dann aber sich vereinigten und dergestalt vergrößerten, daß man sie 34 Meilen weit sehen konnte. Der Wind verbreitete weit umher so viel Asche und Sand, daß man am hellen Mittage nicht lesen konnte. Auch wurden große Massen Bimsstein und andere Steine umhergeschleudert. Ein häufiger Regen mit Schwefelsäure vermischt ätzte Hände, Gesicht und Füße unter heftigen Schmerzen und zerfraß die Pflanzen. Am 11. Juni verschwand der große Fluß Skaptar, der auf dem Skaptar-Jökul entspringt, und seit Anfange dieses Jahres ungewöhnlich wasserreich, aber auch übelriechend gewesen war, so gänzlich, daß man an Stellen, wo man sonst nur in Booten hat übersetzen können, jetzt zu Fuß hinübergehen konnte. Aus einer großen Erd-

*) Jökul heißt in Island jeder mit immerwährendem Schnee und Eise bedeckter Berg.

kluft von 200 Klaftern Tiefe, in welche sich sonst der Fluß ergossen hatte, brach nun, nach dem er ausgetrocknet war, zwei Tage darauf plötzlich in ein ganzes Meer von glühender Lava hervor, welches über die Ufer der Kluft trat, einen Theil des Flußbettes ausfüllte und die ganze anliegende Gegend, mit ihren Landgütern, Viehweiden, Häusern und Kirchen überschwemmte, bis es endlich im großen Thale, zwischen Gebirgen eingeschlossen und angeschwollen, diese durchbrach und sich einen Weg nach den südöstlichen tieferen Thälern öffnete. Dorthin nun stürzte es sich mit unbeschreiblicher Gewalt, etwa wie man den Sturz des Niagara schildert, riß Felsen und Gebirgsmassen vor sich hin und zerschellte sie mit fürchterlichem Krachen aneinander. Weiterhin verbreitete sich dieses Feuermeer langsamer, aber in allen Richtungen, bis zum 16ten August, und man kann sich einen Begriff von der Menge der geschmolzenen Lava machen, wenn man weiß, daß nach der Erkaltung die Schichten von 70 bis 140 Klaftern dick gefunden wurden. Was — nach Stephensons Bericht — diese Verwüstungen noch vermehren half, war, daß bei dem allgemeinen Brande sich auch die älteren Lavastrecken, dergleichen von früheren Ausbrüchen überall in Island in großer Anzahl vorhanden sind, allmählig entzündeten und mit der neuen Lava fortströmten. Das Eindringen des feurigen Stromes in die Höhlungen und Spalten der alten Massen, wodurch die inwendig befindliche Luft herausgetrieben wurde, verursachte ein starkes Pfeifen und Sausen, nicht anders, als ob eine Menge ungeheurer Blasebälge im Gange wären. Nur die oberste Rinde der alten Lava blieb ungeschmolzen und schwamm in großen Stücken, gleich Eisschollen, auf dem Strome dahin. Wo dieser ganze Hügel und Klippen untergrub, da wurden diese mit der größten Heftigkeit über 100 Fuß weit in die Höhe geworfen. Zu beiden Seiten des Stromes stieg von dem erhitzten Wassermassen, die den Lavafluß begleiteten, ein dicker und weißer Dampf auf, und dieses Wasser selbst trug nicht wenig bei, den Schaden, der durch den Ausbruch angerichtet wurde, zu vergrößern.

Aber auch außerhalb den Grenzen dieser Hauptlavaströme brach in nördlichen Richtungen an einer Menge anderer Stellen Feuer aus dem Boden hervor, und der sogenannte Erdbrand dauerte bis in die Mitte des Novembers. Selbst im folgenden Jahre 1784 im Sommer kamen noch hier und da einzelne Flammen und Lavaausbrüche zum Vorscheine und Stephenson konnte sich bei seiner Bereisung der Gegend vielen Punkten entweder gar nicht, oder doch nur mit Lebensgefahr nähern. Ein Bergbohrer, mit dem er die Lava untersuchen wollte, ward oft in einer Tiefe von einigen Fuß so heiß, daß man ihn mit bloßen Händen nicht mehr anfassen konnte.

Die Zahl der durch diesen Feuerausbruch damals theils verwüsteten, theils beschädigten Höfe war 37, und von diesen konnten 23 nicht wieder bewohnt werden. Ein bei der geringen Bevölkerung Islands wirklich ungeheurer Schade! — Drei bedeutende Flüsse und acht kleinere waren gänzlich verschwunden.

Des ätzenden Regens, der den Anfang dieses schrecklichen Naturereignisses begleitete, haben wir schon gedacht. Aber auch ein unge-

Digitized by Google

wöhnlicher Hagel von der Größe wie Sperlingseier gesellte sich dazu, und zerschlug, was das Feuer verschonte. Durch den sich mit dem Regen vermischenden schwarzen Sand und die vulkanische Asche wurden alle Felder, auch in bedeutenden Entfernungen von dem Orte des Ausbruchs, wie mit einem schwarzen Schlamme überzogen, und das Wasser stinkend und ungenießbar gemacht. Nur selten war durch diese Asche- und Rauchwolken die Sonne zu sehen. Das ganze Land war bis zur Mitte des Septembers so davon bedeckt, daß es die Seefahrer nicht eher zu Gesichte bekommen konnten, als bis sie dicht an der Küste lagen.

Die ausgeworfene Lava bedeckte 60 Q. M., im Mittel 100 Toisen hoch, welches 86640 Kub. Toiſ. beträgt, und diese Größe übertrifft den Kubikinhalt des Vesuv 361 mal, des Montblanc 6 mal, und des Chimborasso 2,7 mal, und dabei sind die fortgeführten Substanzen: Asche, Rauch u. s. w. noch nicht mitgerechnet!

Andre Vulkane auf Island sind: der Klose-Jökul, Skeideraa-Jökul (tobte besonders 1753 und 1783), der Krabla (besonders 1724 und 1730) der Leihrnukr (zuerst 1725), Sida-Jökul (beſ. 1753); Deraefa-Jökul (beſ. 1362 und 1727*); Biarnarflag, Hitahol, ein Vulkan unter dem Meere bei Cap Reikianeß, Eyafialla-Jökul (1612 und 1821), Weſter-Jökul, (1323), Myrdal, Torfa, Arnarfell, Eirik, Bald, Blaufell, Geitland, Snäfell, Draanga-Jökul, Glama-Jökul, Hraftinnufiall, Hroſſaburg, Herdabreid, Sniaalfiall, Trolla-Dyngiar, Kerlingafiall, Skiatldbreit, Skarsheidi, Heglafiall u. a. Besonders merkwürdig ist, daß in Island nicht nur Berge, sondern auch Ebenen Feuer auswerfen, so die Ebene Hithoël, Biarneflag und Horſedal-Hraun.

Mackenzie theilt ein Verzeichniß der Ausbrüche isländischer Vulkane mit, wie sie sich bei den einheimischen Schriftstellern aufgezeichnet finden. Nämlich in den Jahren 900, 1000, 1104, 1137, 1222, 1300, 1340, 1341, 1362, 1389, 1422, 1538, 1554, 1583, 1619, 1636, 1692, 1693, 1694, 1716, 1717, 1720, 1724, 1728, 1730, 1754, 1755, 1756, 1766, 1771, 1772, 1783, 1821, 1822 und 1823. Merkwürdig ist endlich noch auf Island der Schwefelberg in der Nähe des Ortes Kriſurick mit einer Vertiefung, in welcher sich nach Mackenzie ein Kessel von etwa 15 F. im Durchmesser voll kochenden Schlammes, der oft zu einer Höhe von 6 bis 8 F. emporgeworfen wurde, und nahe dabei ein Raum mit lebhaft kochendem Wasser befindet.

Sehr groß ist die Anzahl der Vulkane in Aſien, und es ist mehr als wahrscheinlich, daß wir noch eine sehr große Menge gar nicht kennen.

Besonders zahlreich sind die Feuerberge in Kamtſchatka. Die bedeutendsten sind der Kamtſchatkaia (1727, 1737, 1740, 1781), Awatſchiaskaia (1737), Klutſchefskoy (1789 und 1790),

*) Bei diesem Ausbruche wurden einige Menschen durch das herabstürzende heiße Wasser im eigentlichen Sinne gesotten.

Digitized by Google

Krasnai, Schevelutsch, Opalskaia, Wiluitschinskaia, Goraeta, Tschupanoisokaia, Strakleſonaia, Kronotzkaia u. a. Sie ſind meiſt von bedeutender Höhe, z. B. der Kamtſchatkaia nach Lamanon 9000 F., der Awatſchiaskaia nach Wormſkiold 10 bis 11000 F. Der letztere hatte einen der fürchterlichſten Ausbrüche im J. 1737, von der ausgeworfenen Aſche war die ganze Umgegend bedeckt. Bald darauf folgte ein ſchreckliches Erdbeben, bei welchem das Meer bedeutend ſtieg und die Küſte überſchwemmte. Der Kamtſchatkaia iſt überall der Länge nach geſpalten; und dieſe Ritzen dringen tief in das Innere des Berges. Fortwährend erhebt ſich ein dicker Rauch aus ſeinem Krater, und zwei bis dreimal in jedem Jahre wirft er Aſche aus, die das Land 300 Werſte im Umkreiſe bedeckt. In den Jahren 1727 bis 1731 ſoll er ohne Aufhören Feuer geſpieen haben.

Viele Vulkane gibt es ferner auf Java, unter denen der Papandayang bis 1772 der größte war; da ſtürzte ein Theil deſſelben ein, eine Fläche von 15 engl. Meil. Länge und 6 Meil. Breite wurde verwüſtet, und 40 Dörfer wurden theils von der Erde verſchlungen, theils unter Aſche und Lava begraben und 2957 Menſchen kamen um. Nach einer langen Ruhe tobte 1822 der Galong-Göning, wobei 88 Pflanzungen und mehr als 2000 Menſchen verſchüttet wurden. Der Jankuban-Prahu (1804) ſoll einen Krater von $1\frac{1}{2}$ (vermuthlich engliſchen) M. Umfang haben, der von einem 250 F. hohen Walle um ſeine Mündung eingeſchloſſen wird, und auf deſſen Grunde ſich ein See von beſtändig wallendem milchweißen Waſſer befindet. Er hat viel ſehr reine Thonerde ausgeworfen. Muncke führt noch folgende Feuerberge auf Java und den benachbarten kleinen Inſeln an: Bromo (1803, 1822,) Idia oder Idjeng (1817), Panarucan, Tagal und Ambotismene. In den Sumbing-Gebirgen ſind der Ung-Arang, Merbaku, Merapi vulkaniſch, desgleichen der Tapara, welcher ſich eine Halbinſel gebildet zu haben ſcheint. Noch werden dort genannt der Daſar (1804), Lamongar (1806), Taſcher (1796), Klut (1785), Salak (1761), Gagak (1807), Chermai (1815), Lawn (1806), Arjuna (welcher 10615 F. h., 1806), Guntur. Beſonders merkwürdig iſt noch der Vulkan Idienne, von dem Lechenault de la Tour, der ihn 1805 beſuchte, Nachricht gegeben hat. Der Boden des Kraters hat in ſeinem größten Durchmeſſer etwa 250 Toiſen Ausdehnung. Der tiefere Theil deſſelben iſt ein See von etwa 200 Toiſen Durchmeſſer, deſſen Waſſer heiß und grünlichweiß iſt (eine Folge des Wiederſcheins der ihn umgebenden Kalkfelſen) und eine Menge Schwefelſäure enthält. Aus der Oberfläche dieſes See's ſteigen leichte Dämpfe auf. Gegen Südweſten iſt ein ſchmaler und tiefer Einſchnitt im Rande des Kraters, durch welchen der Inhalt des See's zuweilen abfließt und einen kleinen Bach von Schwefelſäure bildet. Wenn dieſer Bach in ſeinem weiteren Laufe nicht durch Regengüſſe angeſchwellt wird, ſo iſt er unbedeutend und wird von dem ſandigen Boden, durch den er fließt, allmählig ganz eingeſogen. Vergrößert er ſich aber, ſo ſetzt er ſeinen Lauf bis zum Songi puti oder

Digitized by Google

dem weißen Flusse fort, verwandelt die weiße Farbe desselben (welche von weißen Thonlagern herrührt, über die er strömt) in eine dunkel grünliche und theilt ihm einen hohen Grad von ätzender Säure mit, so daß alle Fische in dem Flusse und andere Thiere, die daraus trinken, augenblicklich sterben und auch die Pflanzen, welche davon berührt werden, zu Grunde gehen.

Auf Sumatra sind, nach Marsden, 4 Vulkane: Balaluan, Ophir, Indrapur und einer bei Bencoolen.

Auf Sumbava (gleichfalls zu den sundischen Inseln gehörig) tobte 1815 der Tanboro auf das fürchterlichste, so daß er selbst eingesunken ist durch die ungeheuren Massen, die er ausgespieen hat. Asche wurde 1000 englische Meilen weit geschleudert, 300 Meilen im Umkreise war der Tag in Nacht verwandelt, und von 12000 Menschen retteten sich kaum 10.

Der Gönong-Api auf einer der sieben Inseln von Banda ist ein furchtbarer Vulkan, der die Bewohner der Insel verscheucht hat. — Auf der Insel Luzon (einer der Philippinen) sind mehrere Vulkane. Der bedeutendste ist der Majongo auf der südöstlichen Halbinsel Camarines. Dieser spie 1766 bei einem Ausbruche eine ungeheure Menge Wasser aus. Seit 13 Jahren hatte er sich jedoch ruhig verhalten, man hatte Anpflanzungen bis an seinen Gipfel angelegt, als er am 1sten Februar 1814 aufs neue mit fürchterlicher Wuth tobte, 5 Städte wurden in wenigen Stunden zerstört, 1200 Menschen getödtet, und die Anpflanzungen 30 bis 36 Fuß hoch mit Sand und Asche bedeckt. Auf derselben Insel befindet sich der Vulkan Taal (1716, 1754) mitten in einem See, dessen Wasser oft so heiß wird, daß die Fische darin sterben. Der See, Laguna de Bongbong, hat etwa 6 Meilen im Umkreise und entladet sich durch einen Fluß, der eine Meile lang und für kleine Fahrzeuge fahrbar ist, ins Meer. Muncke führt noch folgende feuerspeiende Berge Asiens an:

Vulkane sind ein Berg auf Tandaia oder Samar; der Sanguil auf Mindanao; ein Berg auf Jolo; der Natognus mit heißen Quellen bei Manilla; ein großer Vulkan auf Yap, westlich von den Karolinen; drei kleinere auf den Freundschaftsinseln. Der Aringuay auf Luzon, der Vulkan auf Jolo und der Sanguil tobten den 4ten Jan. 1641 zugleich, und die Annalen von Mindanao berichten von schrecklichen Erdbeben in den Jahren 1645 und 1648.

Wenigstens 6 Vulkane befinden sich auf den Aleutischen Inseln, nämlich: Akutan; Unalashka; Agayedan; Uminga; Umnak und ein kleiner 1795 in der Nähe dieser Insel entstandener Vulkan, der jetzt eine Insel von $2\frac{1}{2}$ Meilen Umfang und 310 F. Höhe ist; Goreloi und Urimak (bes. 1820). — Auf den Kurilischen Inseln finden sich wenigstens 9 Vulkane: Alaid, Poromusir, Ikarma, Tschirikutan, Rakkok, Etopow, Montova, Ischirpo-oi, und eine kleine Insel Nadeegda dicht daneben.

Digitized by Google

Viele Vulkane sind auf den Japanischen Inseln, z. B. Fesi und Sino-Parama auf Nipon; Figo, Unsek und Aso auf Hin; einer auf Kiu-Kiusima, einer auf der Feuerinsel, und zwei auf kleinen Inseln, welche La-Peyrouse beobachtete. Die beiden vulkanischen Inseln Koosima und Dosima liegen nur 6 Meilen von einander, und doch ist das Meer dazwischen auf 100 Faden unergründlich. Die Spitzen ihrer Vulkane ragen 900 F. über das Meer empor. Auf Lieu-Kievu, der Schwefelinsel, beobachtete Capt. Hall im J. 1816 einen dicken Schwefeldampf. — La-Peyrouse zählte 9 Vulkane auf den Marianen oder Ladronen, die meist unbewohnbar sind. — Mehrere Vulkane sind auf Borneo, ein 4000 F. hoher auf der Barren-Insel, ein anderer auf der Insel Siauw, und auf der Insel Sangir der Abo. — Auf Ternate, einer der moluckischen Inseln ist der Gamma-Lamma, und Sorea ist 1693 gänzlich verwüstet worden. Im Bereich von Manado ist der Kemas, auf Amboina der Wawang, auf Tidor ist ein Vulkan und auch auf Celebes sollen etliche sein. Der Tanboro auf Sumbava ist schon erwähnt. Auf der Insel Flores sah Bligh einen Vulkan, auf Daumer ist gleichfalls ein solcher, und nach Dampier tobte 1699 ein kleiner zwischen Timor und Ceram. — In China zeigten der Peping und Linpfung oft Feuerausbrüche, auch ist ein Vulkan, welcher Rauch, aber kein Feuer auswirft, in den Himlaya-Gebirgen beobachtet. — In Persien scheint unter mehreren Vulkanen der Elburs am thätigsten. — Aus zwei Vulkanen in der Tartarei, aus dem Tourfan unter 43° 30′ N. Br. und 81° 11′ L., und aus dem Weißen-Berge in Bisch-Balikh unter 46° N. B. und 76° 11′ L. kommt der viele Salmiak, den die Kalmücken daselbst sammeln; sie liegen von dem nächsten Meere, dem Kaspischen 400 franz. Meilen entfernt. Ein ähnlicher Vulkan, welcher bei Tage Feuer, bei Nacht Rauch ausstoßen soll, wird in einer Entfernung von 160 Lieues östlich vom Aral unter 39° N. B. und 65° O. L. v. Paris also mitten in Asien angegeben. Es ist unentschieden, ob es ein wirklicher feuerspeiender oder nur ein Salmiak-Vulkan ist. —

Die feuerspeienden Berge Afrika's sind bei weitem nicht alle bekannt, am wenigsten die auf dem Festlande. Aeltere Missionäre, die das Innere von Afrika bereist haben, erzählen von 8 Vulkanen, von denen zwei in Monomotapa, vier in Angola, Kongo und Guinea, einer in Lybien und einer in Abyssinien liegen sollen. Neuere Reisende erwähnen derselben jedoch nicht. Der Djebel Dokhan in Aegypten und der Kordoufan im Innern von Afrika rauchen fortwährend, es ist möglich, daß sie ähnliche Salmiakberge wie die oben in Asien erwähnten sind. Die Azoren scheinen größtentheils vulkanischen Ursprunges zu sein. Auf St. Michael ist der Pico do Fogo (deutsch: Feuerberg) und viele heiße Quellen. Im J. 1811 entstand in der Nähe dieser Insel durch einen Ausbruch aus dem Meeresgrunde eine neue Insel von 2 bis 3 engl. Meilen im Umfange und 60 bis 400 F. Höhe. Sie hatte die Gestalt eines Hufeisens, und das innere Becken hätte 10 bis 12 Linienschiffe fassen können.

Schon hatten die Engländer sie besetzt und ihr den Namen Sabrina gegeben, als sie nach und nach wieder von den Wellen verschlungen wurde. Dieselbe Insel war schon 1628 und 1720 erschienen und wieder verschwunden, auch 1819 kam sie wieder unter schrecklichen vulkanischen Ausbrüchen zum Vorschein, und verschwand dann wie früher. Die Insel Pico macht einen einzigen Vulkan von 1250 Klaftern Höhe aus, der fortwährend Rauch ausstößt. — Unter den Inseln des grünen Vorgebirges (Cap verd) ist die Insel Fuogo (deutsch: Feuer) mit einem fortwährend thätigen Vulkane.

Unter den Kanarischen Inseln hat Palma einen großen Vulkan, Lancerota viele vulkanische Kegel, von denen einer 1824 heftig tobte, indem ein neuer Vulkan entstand, der eine solche Menge Steine und Felsstücke auswarf, daß sie nach 24 Stunden einen hohen Berg bildeten; am berühmtesten ist aber der hohe Pic auf Teneriffa, der Pico di Tayda, den man schon aus einer Entfernung von 35 bis 40 Meilen sieht. An seinen Abhängen hat er wie der Aetna eine Anzahl kleinerer Vulkane. Humboldt hat ihn am 21. Juni 1799 bestiegen. Bis zur Höhe von etwa 1400 Klaftern ist der Berg bewachsen, von da an aber unfruchtbar, so daß der unfruchtbare Theil desselben über 10 Quadratmeilen einnimmt. Der oberste kegelförmige Gipfel des Berges ist sehr steil und daher schwierig zu ersteigen, doch ist er nur den dritten Theil so hoch als der Aschenkegel des Vesuvs, obschon dieser Berg nur ein Drittheil der Höhe des Pic von Teneriffa hat. Besondere Eigenthümlichkeit vor den meisten anderen Vulkanen zeigt der Rand des Kraters. Während nämlich z. B. beim Vesuv der Kegel seine kegelförmige Gestalt bis zur Spitze beibehält, hat der Pic von Teneriffa (und der Cotopaxi) auf dem Gipfel einen Grath oder eine kreisförmige Mauer, welche den Krater umgibt, welche von fern, wie ein kleiner Cylinder aussieht, welcher auf einem abgestumpften Kegel sitzt. Bei dem Pic von Teneriffa ist nach Humboldt dieser Grath so hoch, daß er völlig den Zugang zum Krater hindern würde, wenn sich nicht auf der westlichen Seite eine Oeffnung fände, welche durch einen sehr alten Lava-Erguß entstanden zu sein scheint. Durch diese Oeffnung stieg Humboldt an den Boden des Trichters hinab, dessen Figur elliptisch ist, und dessen größte Breite 300 F., die kleinste 200 F. ist. Die Tiefe des Kraters beträgt etwa 110 F., und alle Umstände zeigen, daß er seine Gestalt sehr lange unverändert erhalten habe, weil die Thätigkeit des Vulkanes, schon seiner bedeutenden Höhe wegen mehr gegen die Seiten als gegen die Spitze gerichtet ist. — Der letzte Seitenausbruch des Pic fand im J. 1793 statt und dauerte 2 Monate. Sein oberster Krater ruht seit Jahrhunderten, aber etwas tiefer haben sich drei neue gebildet, aus denen damals hausgroße Steine zu einer Höhe geschleudert wurden, die man auf 4000 F. berechnete, weil dieselben 12 bis 15 Sekunden zum Herabfallen aus ihrer höchsten Höhe brauchten. — Auf der Insel Bourbon befindet sich ein Vulkan von 7200 F. Höhe, der besonders 1793 (die Masse des stärksten Lavastromes wurde auf 8 Mill. K. Klaftern berechnet) und 1821 stark tobte.

Digitized by Google

Auf der Insel Zibbel-Tier im rothen Meere befindet sich nach Bruce ein Vulkan mit 4 Kratern. Auch auf den Inseln Madagaskar und Ascension sollen sich Vulkane befinden. Auf der Insel Amsterdam unter 95° L. und 38° S. Br. ist ein Vulkan und viele heiße Quellen. Auf Isle de France ist der Pieterbock, der in den Jahren 1751, 1766, 1774, 1785, 1787 und 1803 getobt hat, und auf seiner Höhe einen über 100 Klaftern tiefen See hat, wahrscheinlich ein ehemaliger Krater.

Die größten aller feuerspeienden Berge finden sich in Amerika, in der Nähe des Aequators. Aber auch gegen den Nordpol zu gibt es Vulkane. So in Grönland, wo ein Vulkan gleichzeitig mit dem Ausbruche des Skaptar-Jökul auf Island von 1783, welcher S. 252 beschrieben, wüthete. Auf der Insel zwischen Grönland und Island befindet sich der Vulkan Esk, welcher 1800 Rauch und Asche auswarf. — Cook entdeckte auf der nordwestlichen Küste Amerika's unter 61° L. einen Vulkan, und etwas südlicher fanden zwei Spanier eine vulkanische Ebene (wie auf Island s. S. 254), welche mit Schnee und Eis bedeckt war, und aus der eben ein Ausbruch stattfand, wobei Felsenstücke und Eismassen hoch in die Luft geschleudert wurden. — Auf Barren Island unter 58° 48′ N. B. und 208° 30′ L. sah Werbster 1823 einen brennenden Vulkan. — Um den Hafen Bucarelli, unter 55½° N. B. sieht man 7 Vulkane; 5 andere sind auf der Halbinsel Californien. — Auf Aliaksa sah Kotzebue 1817 einen brennenden Vulkan. — Der West-River-Mountain am Connecticut soll in den Jahren 1730 und 1750 Feuer ausgeworfen haben, man findet auch vulkanische Asche und Schlacken, aber keinen Krater auf demselben.

Im Staate Guatimala kennt man 25 fast sämmtlich noch thätige Vulkane: Barua, Bombacho, Papagallo, Grenada, Talica, Momotombo, Viego, St. Michael und Apalitlan, Cocivina, Besotlen, Traapa, San Vincente, Sacatecoluca, Apaneca, Hamilpas, Atitlan, San Salvador, Isalco, Fuegos de Guatimala, Acatinango, Sunil, Toliman, Sacatepeque, und Soconusco. — In Mexiko sind die Vulkane Pic d'Orizaba oder Citlaltepetl (seit 1566 unthätig), der Popocatepetl oder große Vulkan von Puebla, der nur Rauch und Asche auswirft, der Nauhcampatepetl oder Coffre de Perotte, der Iztaccihuatl, der Nevado de Toluca, beide jetzt ruhend, der Colima, der Turtla (1795), der Xorulla*), dessen Ausbruch im J. 1759 Humboldt beschrieben,

*) Sommer (Gemälde der Phys. Welt) erzählt: der Xorullo ist erst im J. 1760(?) thätig geworden. In der Nacht vom 29 auf den 30 Sept. entstand auf einer 2400 F. über dem Meere gelegenen Gegend in der Statthalterschaft Valladolid ein Erdbeben mit einem Feuer- und Aschenausbruch, der alle benachbarten Zuckerpflanzungen und mehrere Dörfer zerstörte. Zugleich erhob sich ein Vulkan aus dem Boden bis zu einer Höhe von mehr als 2000 F. In der Folge entstanden um denselben her noch eine unzählige Menge kleinerer Kegel, welche alle noch jetzt thätig sind. Humboldt zählte im J. 1801 an einer einzigen Stelle deren mehr als 2000.

Digitized by Google

und der Pic von Tancitaro. In Mexiko erhoben sich 1759 bis 1760 mehrere Hügel von 4 bis 500 Meter, deren vulkanische Thätigkeit indeß jetzt ganz nachgelassen hat. — In der Provinz Guanaxato verwüstete im J. 1818 ein Vulkan die umliegende Gegend. — In einer Entfernung von 9 Meilen von der See liegt der Arequipa in Peru. — Die Vulkane von Quito, welches selbst schon sehr hoch liegt (ungefähr 9000 F.), sind die größten. Sogar der Chimborasso, den man eine Zeit lang für den höchsten Berg der Erde hielt, ist vordem ein Vulkan gewesen, wie man aus der Menge vulkanischer Erzeugnisse sieht, welche sich noch auf ihm finden. Bis zur Höhe von 18186 F. hat ihn Humboldt bestiegen, aber noch niemand hat seinen Gipfel gesehen. Ein Seitenkrater des Chimborasso scheint der Carguairazo zu sein, der 1698 eine Menge Schlamm auswarf, seitdem aber ruhig ist. Der mächtigste sowohl an Größe als Wuth aller Vulkane ist der Cotopaxi. Muncke sucht eine Vorstellung von ihm zu geben, indem er sagt, derselbe sei noch 300 Meter größer, als wenn man den Vesuv auf den Pic von Teneriffa setzte. Sein Krater hat gegen 2868 F. im Durchmesser. Dabei hat der ganze Berg die schönste regelmäßige Form, indem er einen vollkommenen Kegel bildet. Im Jahre 1738 stieg über den Rand seines Kraters eine Feuersäule 900 Meter hoch; beim Ausbruch 1742 entstand durch das Schmelzen des Schnees auf dem Gipfel eine Wasserfluth von 180 F. Höhe; sein Brüllen ist so furchtbar, daß man es im J. 1744 in Honda, also in einer Entfernung von 200 franz. Meilen hörte; hierauf tobte er 1750; dann 1764, wobei die Luft so verfinstert wurde, daß man in den St. Hambato und Takunga bis 3 Uhr Nachmittags mit Laternen gehen mußte. Nach zwanzigjähriger Ruhe begann er 1803 einen neuen Ausbruch damit, daß in einer Nacht der sonst mit Schnee bedeckte Kegel schwarz wurde und die eigenthümliche Gestalt verschlackter Laven zeigte. Humboldt und Bonpland, die sich 250 franz. Meilen in gerader Linie vom Rande des Kraters, im Hafen von Guajaquil befanden, hörten fortwährend das furchtbare Brüllen des Vulkanes, gleich dem Knalle abgefeuerter Batterien, und noch in der Südsee, südwestlich von der Insel de la Puna konnten sie das Tosen bemerken. — Der Antisana hat 1590 seinen letzten Ausbruch gehabt, er ist durch Humboldt bis zu einer Höhe von 16638 F. erstiegen worden. — Der Pitchincha ist von La Condamine und (im Mai 1802) von Humboldt bestiegen worden. Sein Krater hat über 14000 F. im Umfange, und eine so ungeheure Tiefe, daß, nach Humboldt, mehrere Berge darin stehen, deren Gipfel man unterscheidet, und die 300 Toisen unter der Mündung des Kraters zu liegen scheinen. La Condamine fand diesen Krater erloschen und mit Schnee überdeckt, Humboldt aber fand deutliche Zeichen, daß er noch brenne. Heftige Erdstöße wiederholten sich, erstickende Schwefeldämpfe erhoben sich aus der Mündung, und man sah sogar bläuliche Flammen hin und her hüpfen. — Der Nevado del Attas oder Capac-Urcu oder El Altar de Collanes soll einst höher als der Chimborasso gewesen, aber durch einen Ausbruch im 16ten Jahrhundert zusammen gesunken sein. —

Digitized by Google

Der Tungurahua brachte 1797 ein schreckliches Erdbeben hervor, bei dem ein Landstrich von 30 Meilen Länge und 20 Meilen Breite sich wellenförmig bewegte und 40,000 Menschen ums Leben kamen. — Andere Vulkane in Quito sind: der Guancamaya, Cayambe-Urcu, Iliniſſa, Sangay oder Macas. Vulkane in Neu-Granada sind: der Chiles, Cumbal, Azufral, Paſto, Puraze, Sotara und einer bei Rio Fragua.

In Chili hat 1760 (oder 62?) der Peteroa furchtbar gewüthet, so daß er selbst einen neuen Krater und eine ganz veränderte Gestalt bekam, und ein daneben liegendes Gebirge meilenweit zerrissen wurde. Außer ihm werden genannt: der Chillan, Callaqui, Chandel, Huanchue, Copi, Llanguihue, Puravauco, Aconcagua, Santiago, Tucapel, Chinal, Votuco, Huaiteca, San-Clemente, Minchiuna, Quechuacan, Chignol, Noluco, Maipo, Antoco, Ligua, Chuapa oder Lisnari, Coquimbo, Copiapo, und einer an der Mündung des Flusses Rapel. —

Auch auf dem Feuerlande soll ein Vulkan sein, und in Patagonien der de los Gigantes.

Muncke erwähnt noch folgender Vulkane: des Schwefelberges auf St. Lucie (s. S. 245); des auf St. Christoph; auf Guadeloupe (tobte 1737, und erzeugt viel Schwefel); des Pelée auf Martinique (soll 1792 gewüthet haben); des Morne Garou auf St. Vincent (mit einem Krater, 1 Meile im Umfange und 900 F. tief, in dessen Grunde sich ein kleinerer Kegelberg erhebt, welcher Rauch ausströmt; derselbe hat sich von 1718 bis 1812 ruhig verhalten, brennt aber seitdem wieder); auf Basse Terre; des kleinsten Vulkanes auf der Erde in Prince George's Staate, am Indian River, welcher nur etwa 6 F. hoch, unten 49 F. und am Krater 2 F. 2 Z. Umfang hat.

Auf Neuholland, dessen Berge noch sehr wenig bekannt sind, erheben sich schweflige heiße Dämpfe aus vielen Spalten des Berges Quingen, allein man findet keine Lava.

Auf der Insel Owaihi, welche zu den Sandwichsinseln gehört, ist seit 1823 der Vulkan Pele oder Kirauea bekannt, von dem Sommer folgende Beschreibung mittheilt:

Was ihn vor allen Vulkanen der Erde auszeichnet, ist sein ungeheurer Krater, der nicht weniger als acht englische (ungefähr $1\frac{3}{5}$ deutsche) Meilen im Umfange und dabei eine Tiefe von mehr als 1300 englischen Fuß hat. Ueberhaupt ist dieser Krater nicht wie gewöhnlich die abgestutzte Spitze eines Berges, den man nach allen Richtungen hin sehen kann, sondern ein ungeheurer Schlund auf einer Bergplatte, welche sich am Abhange des hohen Berges Mowna Roa befindet, und wenigstens 3000 englische Fuß über dem Meere liegt. Man nähert sich ferner diesem Krater nicht, indem man einen Kegelberg ersteigt, sondern indem man zwei große Terassen hinabsteigt, und er ist nach

keiner Richtung in einer größern Entfernung als eine halbe Meile sichtbar, was offenbar den Eindruck verstärkt, den sein erster überraschender Anblick macht. Wahrscheinlich hatte der Vulkan vor Zeiten einen Kegel, aber dieser ist, wie die Abhänge beweisen, über welche man hinabsteigen muß und die um den jetzigen Krater Kreise von 15 bis 20 (englische) Meilen bilden, später in sich selbst zusammengestürzt, nachdem der Boden durch das unter ihm brennende Feuer ausgehöhlt war. In einer Tiefe von etwa 400 Fuß läuft inwendig rings um den Rand ein Vorsprung von Lava, der an manchen Stellen viele Ruthen, an andern nur wenige Fuß breit ist. Man kann an zwei bis drei Stellen bis zu diesem Lava-Gesimse hinabsteigen. Wahrscheinlich ist dasselbe der erkaltete Ueberrest der ehemaligen Oberfläche der kochenden Lava, welche einst bis zu dieser Höhe heraufgestiegen war, jetzt aber erst in einer Tiefe von 1330 Fuß den Boden des Kraters ausfüllt. Auf diesen Boden des ungeheuern Schlundes erblickt man 50 bis 60 (ihre Zahl wechselt von Zeit zu Zeit) kleinere kegelförmige Kraterberge, von denen manche unablässig in Thätigkeit sind. Alles umher trägt weit und breit die Farbe des Todes und der gräßliche Charakter der ganzen Gegend paßt sehr gut zu dem Glauben der Eingebornen, daß hier böse Gottheiten wohnen.

Von der Volcano-Insel, welche zu den Königin-Charlotten-Inseln gehört, sah Carteret 1767 Rauch aufsteigen, und Wilson sah 1797 einen hohen Kegelberg auf der Mitte der Insel, welcher brannte. — An der Westküste von Neu-Georgien sah Mendanna einen Vulkan. Im Archipelagus von Neu-Britannien sah Entrecasteaux einen tobenden Vulkan unter 5° 32′ Br. und 145° 44 L. — Auf Neu-Guinea sah Dampier 1700 zwei brennende Vulkane. — Die Osterinsel scheint früher bewohnt worden zu sein, und zwar von Menschen, die eine höhere Bildung gehabt haben, ist aber jetzt durch vulkanische Ausbrüche verödet. — Tofoa unter den Freundschaftsinseln hat einen Vulkan, den Cook 1774 wüthen sah. Anamoka hat 2 Vulkane. — Auch auf Tanna sah Cook den Ausbruch eines Vulkanes. Tanna gehört zu den Neuen Hebriden, eben so Ambrym, auf der Cook ebenfalls einen Vulkan bemerkte. — Die Russen haben einen Vulkan auf der Insel des Marquis de Traversé entdeckt.

Sehr viele Inseln von denen, welche zu Australien gerechnet werden zeigen vulkanische Produkte und sind vermuthlich vulkanischen Ursprunges, allein sie sind größtentheils noch zu wenig bekannt, als daß man mit Gewißheit sagen könnte, ob noch jetzt Vulkane auf ihnen brennen.

Die Vulkane werfen, wie bei einzelnen schon im Vorhergehenden Erwähnung gethan worden, nicht immer bloß Feuer aus, sondern auch Wasser oder Schlamm, doch scheint unterirdisches Feuer gewiß wenigstens bei denen, die abwechselnd auch glühende Massen, und das Wasser und den Schlamm heiß auswerfen, die wirkende Ursache zu sein. Die Vulkane von Amerika haben noch das Merkwürdige, daß sie Fische oft in ungeheurer Menge, so daß sie beim Verfaulen die Luft verpestet haben, auswerfen. Man will sogar bisweilen an diesen Fischen noch Spuren

Digitized by Google

von Leben wahrgenommen haben und sie sind von der nämlichen Art, wie die aus den in der Nähe befindlichen Gewässern. Es gibt jedoch auch eigentliche Schlammvulkane oder Luftvulkane, nur uneigentlich Vulkane genannt, weil sie nie Feuer auswerfen oder doch nur selten, wo dann die Feuersäule mehr brennendes Gas zu sein scheint, als glühende Lava. Da sie meistens salziges Wasser enthalten, so werden sie auch Salsen genannt. In ihrem Innern entwickelt sich Gas, welches in die Höhe steigt und so, wie wenn man mit einem Pfeifenstiel in Seifenwasser bläst, den weichen thonhaltigen Schlamm empor treiben. Solch ein Schlamm- oder Luftvulkan ist der Macaluba, welcher Seite 250 beschrieben worden ist. Dolomieu meint, es befinde sich im Berge eine Salzquelle, welche den oberen Thon auflöse, wo sich dann die Schwefelsäure desselben mit dem Natron chemisch verbinde, wodurch Salzsäure frei werde. Diese soll nun an den Kalk der unteren Lagen übergehen, wodurch sich Kohlensäure entbindet, welche in die Höhe steigt und jene Blasen bildet. Auch bei Caltanisetta auf Sicilien gibt es mehrere Schlammvulkane, welche bei Erdbeben eine Menge Wasserstoffgas ausstoßen. In Italien gibt es eine große Menge solcher Salsen, von denen Spallanzani die von Querzuola genau beschreibt. Er zählte dort 17 kleine vulkanische Kegel von weißer Erde und verschiedener Größe, alle mit einer trichterförmigen Oeffnung, worin die halbflüssige Masse zu kochen scheint und zuweilen den Schlamm hinüberwirft. Manche werfen denselben kaum in die Höhe, andere zu 2, 3 sogar 5 F. Höhe, jedesmal mit einem kleinen Getöse begleitet. Das aufsteigende Gas entzündet sich am Lichte und ist daher Wasserstoffgas, doch hält es mehr Kohlensäure als das der stets brennenden Feuer. Als Spallanzani den Ort besah, erhob sich der höchste Hügel zu 6 F. und hatte an der Basis einen Umfang von 19, 5 F. der kleinste war nur 2 F. hoch und hatte etwa 4 F. Umfang. Alle bildeten fast einen Kreis und in der Mitte befanden sich zwei kleine Teiche mit stets sprudelndem Wasser, welches wie der Schlamm salzig schmeckte. Auf der Oberfläche schwammen einige Tropfen Steinöl, die sich durch den Geruch kenntlich machten. Auch hier verschwinden die Kegel durch Regen und statt dessen entstehen Vertiefungen mit dünnem Schlamm. Zuweilen erfolgen heftige Explosionen der Salsen, welche durch ein Getöse wie ein Kanonenschuß angekündigt werden. Sofort fliegen alle Kegel hoch in die Luft, es folgen mehrere ähnliche Explosionen nach einander, deren Getöse man einst 8 ital. Meilen weit hörte. Am folgenden Tage waren noch heftigere Explosionen und verloren sich dann allmählig. Solche Ausbrüche waren am heftigsten 1754 und 1772 zu Querzuola. Die Salse von Sassuola hat noch gewaltsamere und warf 1790 unter andern einen Kalkstein von etwa 800 Pfund bis 20 F. Entfernung. Die von Menard de la Groye beschriebene Salse della Prate hatte einen Kegel von 150 Schritt Umfang und 4 bis 5 Meter Höhe.

Die bedeutendsten Salsen finden sich in der Krimm. Der stärkste Schlammauswurf, welcher beobachtet worden, fand im December 1794 auf der Insel Taman statt. Zuerst hörte man ein Pfeifen und Brau-

Digitized by Google

sen, dann ein Krachen wie vom Donner und nach einigen Minuten soll sich eine Feuersäule von ungefähr 50 F. Höhe und 30 F. Breite, 30 Minuten lang aus dem Berge erhoben haben. Es entstand eine Oeffnung, welche bald Koth, bald Flammen spie, und das Zischen wie vom Kochen dauerte die ganze Nacht, wobei der Schlamm 10 bis 12 Fuß hoch geworfen wurde. Nach dem Kothauswurf überzog sich der Krater mit einer trocknen verhärteten Kruste, über welche man gehen konnte. Das Land verwandelte sich durch den Schlammerguß zu einem Hügel, von ungefähr 100,000 K. Toisen Größe. Im J. 1807 hörten die Kosaken bei Kurgau ein gewaltiges Getöse, der Berg war in Rauch gehüllt und es erhob sich langsam aus der Erde ein Hügel wie ein Haus groß. — Auch bei Baku finden sich Schlammvulkane, welche die wachsenden Berge genannt werden. Lenz, der von der Petersburger Akademie im J. 1830 beauftragt wurde, die Provinzen Degheſtan und Schirwan am westlichen Ufer des kaspischen Meeres zu untersuchen, erzählt von den dortigen Schlammvulkanen folgendes: „Einer der größten Schlammvulkane auf der Halbinsel Apscharon bildete sich im Jahre 1827 südwestlich von dem Dorfe Yokmali, sieben Meilen westlich von Baku. Der Ausbruch fand am 9. December statt, an welchem Tage um 9 Uhr Abends eine Feuersäule von ungeheurer Höhe und bedeutendem Durchmesser an dieser Stelle mit furchtbarem Getöse durchbrach. Nachdem sie drei Stunden lang emporgestiegen war, sank sie bis auf zwei Fuß wieder ein, und blieb durch 24 Stunden in diesem Zustande. Der größte Durchmesser dieser Säule mochte etwa 1250 und der geringste 950 Fuß betragen. Während der sehr häufigen Explosionen warf der Vulkan zuerst Steine verschiedener Art und Wassersäulen aus, von denen einige, jedoch in geringer Höhe, bis zum 8. December emporstiegen. Auf der Oberfläche der Stelle, wo der Ausbruch statt fand, war keine Höhlung oder Oeffnung in Form eines Kraters bemerkbar, wohl aber war die ganze Fläche des Bodens fast zwei Fuß hoch emporgetrieben. Am 28. December hatte das Feuer noch nicht aufgehört zu erscheinen, doch war es von geringerer Stärke und röthlicher Farbe, ein Umstand, der es, da es von jedem Geruche frei war, von dem Atesch-gah und andern immerwährenden Feuern in der Gegend von Baku, die, seit Olearius und Kämpfer von mehreren Reisenden beschrieben worden sind, unterscheidet. Die Stelle, wo der Ausbruch statt fand, hat jetzt das Ansehen eines schwammigen Feldes, in dem kleine kegelförmige Hügel von ein bis zwei Fuß Höhe sich von einander getrennt erheben. Nur ein einziger von funfzehn Fuß Höhe ist zu sehen, der augenscheinlich zu gleicher Zeit mit den andern gebildet wurde, da er aus demselben graulichen Thone besteht, durch den dieser Ausbruch von den frühern sich unterscheidet. Mehrere schlammige Pfuhle sieht man ebenfalls hier, in denen in Zwischenräumen von einigen Minuten Blasen von einigen Zollen Durchmesser emporsteigen. Die Erhebung dieses Schlammfeldes über den Spiegel des kaspischen Meeres beträgt nach genauer barometrischer Messung 817 Pariser Fuß.

„In der Nachbarschaft von Baku befindet sich auch ein Vulkan, der Schlamm auswirft, und der dem eben beschriebenen Felde so ziem-

Digitized by Google

lich ähnlich ist, mit der Ausnahme jedoch, daß er die Gestalt eines Kegels von ungefähr 200 Fuß Höhe hat. Er erhebt sich südlich von Baku am Ende der westlichen Schlucht in der Nähe zweier dicht beisammen stehender, den Seefahrern unter den Namen der „Ohren von Baku" bekannten Berge; ein Name der ihnen wegen ihrer seltsamen Gestalt beigelegt wurde. Er liegt gerade auf dem Gipfel eines 800 oder 900 Fuß hohen Hügels der ebenfalls ganz mit Schlamm und kegel- und warzenförmigen ungefähr 20 Fuß hohen Erhöhungen von Thon bedeckt ist, dessen bräunlich-gelbe Farbe für ihr Alter zeugt. Vor zwei oder drei Jahren stürzten, bei Gelegenheit eines neuen Schlammauswurfs der Gipfel und ein guter Theil der westlichen Seite ein. Jetzt hat sich eine Masse Gas frei gemacht, die, da sie keinen Widerstand findet, mit einem Geräusch, das einem lang gehaltenen Zischen gleicht, entweicht. Nur an einer einzigen Stelle der harten Oberfläche kann man das Brausen deutlich unterscheiden, welches von dem Gähren in diesem Abgrund von Schlamm hervorgebracht wird. Das Gas strömt mit solcher Gewalt aus, daß als wir die Oeffnung in einem kleinen Hügel, aus der es entwich, erweiterten, kleine Stücke Thon ausgeworfen wurden; sobald wir ein Licht an dasselbe brachten, fing es Feuer, und brannte noch fort, als wir den Platz verließen. Im Thon gewahrten wir Steine verschiedener Art, die der Vulkan aus seinem Innern ausgeworfen hatte; was aber unsere Aufmerksamkeit besonders fesselte, war eine Art Schlacken, die wir darin fanden, ein Beweis von dem hohen Grade von Hitze, denen die Steine im Innern des Berges ausgesetzt gewesen waren. Große Bruchstücke derselben fanden wir in einer Entfernung von $\frac{1}{8}$ Meile vom Vulkan, wohin sie sicher nur durch eine Eruption gekommen sein können, denn sie sind von den in der Nachbarschaft vorkommenden Felsenstücken durchaus verschieden. Wir erkannten deshalb hier alle Erscheinungen gewöhnlicher Vulkane, mit der einzigen Ausnahme, daß Thon die Stelle der Lava vertritt. Die Bewohner der Gegend konnten den Tag, an welchem ein Theil des vulkanischen Bergkegels einstürzte, nicht genau angeben, da sie aber die seitdem verflossene Zeit auf ungefähr zwei oder drei Jahre schätzten, was so ziemlich mit der Zeit des Ausbruchs bei Yokmali am 9. December 1827 zusammen trifft, so läßt sich vermuthen, daß beide vulkanische Erscheinungen die gleichzeitigen Wirkungen einer und derselben Ursache waren."

Daurion-Lavaisse fand auf der Insel Trinidad zwei kleine Schlammvulkane. Sie sprudeln, wie wenn sie siedeten, sind aber kalt, und stoßen Schwefelwasserstoffgas aus. — Bei Kuhoo auf Java befindet sich ein Schlammvulkan, aus dessen Wasser die Bewohner das Salz durch die Sonnenstrahlen krystallisiren lassen. Die Salsen nehmen eine Fläche von ungefähr 2 engl. Meilen im Umfange ein. In der Mitte befinden sich dicke halbkugelförmige Haufen Salzthon von 10 bis 18 Fuß Höhe, die von Zeit zu Zeit platzen und einen dicken weißlichen Rauch ausstoßen. Dieß thaten die beiden größten 8 bis 12 Mal in einer Secunde und stießen dabei jedesmal gegen 60 Centner Schlamm aus. Dabei verbreitete sich ein Geruch nach Schwefelleber

Digitized by Google

und das Herabfallen geschah mit Getöse. Der Schlamm ist kalt, in größerer Tiefe jedoch, wie die Landeseinwohner versichern, warm. — Auf Barbados entwickelt sich aus einer Salse kaltes Gas, welches sich jedoch an einer darüber gehaltenen Flamme entzündet, also Wasserstoffgas ist. — In der Nähe von Carthagena fand Humboldt einen Schlammvulkan, welcher Stickgas entließ. Hieran reihen sich die Erscheinungen, wo sich brennbares Gas aus der Erde entwickelt, s. d. Art. Feuer aus der Erde.

Auch die Vulkane, welche in sehr großer Menge Salmiak ausströmen, und deren im Vorhergehenden Erwähnung gethan worden, leuchten bei Nacht. Stellt man die Jahre zusammen, in denen heftige Ausbrüche der verschiedenen Vulkane erfolgt sind; so findet man ein merkwürdiges Zusammentreffen der Ausbrüche verschiedener Vulkane in weit von einander gelegenen Orten. So wüthete im Jahre 1730 vulkanisches Feuer auf Island, und in demselben Jahre der Vesuv, der West-River-Mountain in Nordamerika, und zugleich fand die vulkanische Zerstörung der Insel Lancerota statt*). — 1737 wüthete der Vesuv und der Awatschiaskaia aufs fürchterlichste**). — 1755 tobten der Aetna, der Kötlugia, der Schwefelberg auf Guadeloupe, dazu kam noch das weit ausgebreitete Erdbeben in demselben Jahre, welches Lissabon zerstörte, und auch in Martinique empfunden ward, und es ist gewiß, daß die Erdbeben mit den Vulkanen in Verbindung stehen***). 1766 tobten die Vulkane auf Island, Italien, Sicilien, Lucon und Islede France, auf Trinidad sanken mehrere Berge bedeutend herab, und ein Erdbeben in Andalusien, das sich weithin erstreckte war furchtbar. — Solches Zusammentreffen bestätigt die Vermuthung, daß alle Vulkane mit einander in unterirdischer Verbindung stehen, welche sich sogar unter dem Meere fortsetzt†).

---

*) S. S. 254, S. 247, S. 259.

**) S. S. 247, S. 254.

***) S. S. 249, S. 251, und d. Art. Erdbeben.

†) Nach v. Buch theilen sich alle Vulkane der Erdoberfläche in Central- und Reihen-Vulkane. Erstere bilden den Mittelpunct einer großen Menge nach allen Seiten beinahe gleichmäßig wirkender Ausbrüche, letztere liegen in einer Reihe hinter einander in geringen Entfernungen. Einige erheben sich wie Kegel aus dem Grunde des Meeres und bilden gleichsam den Fuß eines primitiven Gebirges, das in derselben Richtung ihnen zur Seite ausläuft, oft stehen sie auf dem höchsten Rücken dieser Gebirge und bilden den Gipfel derselben. Zu den Centralvulkanen rechnet v. Buch die liparischen Inseln, den Aetna, die phlegräischen Felder und den Vesuv, Island, die azorischen, canarischen, Cap verde'schen Inseln, die Gallopapos, die Sandwichsinseln, die Marquesas, die Societätsinseln, die freundschaftlichen Inseln und Bourbon. Als Reihenvulkane betrachtet er: die griechischen Inseln, die westaustralische Reihe, die Inseln von Sunda, die Reihe der Molucken und Philippinen, der japanischen und curilischen Inseln und von Kamtschatka, die Reihe der aleutischen Inseln, der Marianen, die von Chili, Quito, den Antillen, Guatimala, von Mexico. Als zweifelhafte Centralvulkane führt er an: den Demavend, den Ararat, den Seiban-Dagh, die tartarischen Berge östlich von China.

Digitized by Google

Die Betrachtung der Vulkane gibt uns zugleich Aufklärung über die Entstehung der Erdoberfläche. Die Erde ist ein Gemenge verschiedener Elemente, vielleicht derer die wir jetzt als solche in der Chemie betrachten, vielleicht noch einfacherer. Durch Einwirkung der Luft und des Wassers erhitzen sich jene Stoffe, welche Erhitzung bei der Größe der Massen, die zusammen kommen, ungeheuer sein muß, und gehen nun mannigfaltige Verbindungen mit einander ein, die reinen Metalle namentlich werden oxydiren, und die Oxyde wiederum zu neuen Stoffen sich unter einander verbinden. So bildet sich auf der glühenden Erdmasse allmählig eine feste aus oxydirten Stoffen bestehende Kruste, durch die innere Gluth und die dadurch bewirkte Ausdehnung muß diese Rinde indeß bersten, neues Wasser und Luft dringt ein und befördert die chemische Gährung, durch die Oeffnungen der Erdkruste spritzt die glühende Masse heraus, die sich anhäuft und so die Vulcane bildet.

So sind die Gebirge hervorgebracht durch Feuer und Wasser und durch die Wirkung des erwähnten Processes von innen nach außen. Daß aber hierzu auch Anhäufung von Außen, durch Ueberschwemmungen und Anschwemmungen herbeigeführt, mitwirken, und namentlich in frühern Zeiten thätig gewesen sind, wo die Erdkruste noch minder stark und also durch innere Erschütterungen und Umwandlungen der Erdoberfläche öftere und bedeutendere Ueberschwemmungen eintreten mußten, ist gewiß. Dann müßten sich namentlich die Gebirgsarten unterscheiden lassen: in solche, die durch die Wirkung des chemischen Processes der Erdelemente vor oder ohne Gegenwart unzersetzten Wassers gebildet worden (Urgebirge), solche die durch gleichzeitige Einwirkung des Wassers von Außen und der innern Thätigkeit der Erde erzeugt worden (Basaltgebirge und ähnliche), und endlich solche, die nach Verstärkung der Erdkruste über derselben durch Anschwemmung und Ablagerung vom Wasser entstanden (aufgeschwemmtes Land). Daß große Erdrevolutionen diese verschiedenen Gebirgsmassen häufig wieder unter einander würfeln mußten, ist gewiß. Sehr wohl stimmt mit dieser Ansicht überein, was man bemerkt haben will, daß nämlich im Laufe der Zeit die vulcanischen Ausbrüche seltener würden. Es würde dieses zusammenhängen mit dem Dickerwerden der Erdkruste, und endlich müßten alle vulcanischen Erscheinungen aufhören, wenn einst die ganze Erde in oxydirten Zustand übergegangen wäre.

Daß sich durch chemische Einwirkung der Körper auf einander Hitze und Feuer entwickeln, ist bekannt genug und unsere meisten Feuerzeuge*) (die vorzugsweise so genannten chemischen, die Döbereinerschen u. a.) beruhen auf dieser Selbstentzündung. Auch kann man, wie bekannt, einen kleinen Vulkan herstellen, wenn man zu gleichen Theilen Schwefelpulver und Eisenfeilicht unter feuchter Erde zu einem Teige zusammenmengt. Diesen Versuch machte zuerst Lemery und er ist seitdem

*) Es ist bekannt, daß auch durch Gährung Feuer entstehen kann. So entzünden sich häufig feuchte Heu- oder Kornschober, Scheuern; es entzünden sich ferner Terpentinöl und Vitriolöl, wenn sie zusammengebracht werden, eben so Salpetersäure und Sassafrasöl u. a.

Digitized by Google

häufig wiederholt worden. Wollte man aber sagen, die Schwefelkiese in der Erde seien die einzige Ursache zu den Erscheinungen der Vulcane, so wäre dieß nicht klüger, als zu behaupten, Wasserstoffgas, welches sich mit Sauerstoffgas durch Platin verbinde, bewirke die Entzündung.

Bestandtheile (chemische Theile, Mischungstheile) eines Körpers heißen diejenigen Stoffe, welche durch chemische Verbindung den Körper bilden, sind also wesentlich etwas anderes als die mechanischen Theile desselben Körpers. Während nämlich diese gleichartig sind, sind jene unter einander nach allen Eigenschaften verschieden. Jeder mechanische Theil eines Körpers hat alle chemische Bestandtheile desselben in sich. Die Bestandtheile eines Körpers im Sinne der Chemie lassen sich niemals durch das Auge von einander unterscheiden, zuweilen bei losern Verbindungen durch Geruch oder Geschmack; so z. B. wenn man Kochsalz in schwachem Weingeiste löst. Sind die Bestandtheile eines Körpers wiederum der Zerlegung in neue Bestandtheile fähig, so heißen die ersteren nähere, die letzteren entfernte Bestandtheile jenes Körpers. So z. B. sind die näheren Bestandtheile von schwefelsaurem Ammoniak, Schwefelsäure und Ammoniak, die weitern Bestandtheile dagegen: Schwefel, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff. Zuletzt kommt man immer auf Bestandtheile, welche nicht weiter zerlegbar, also einfache Stoffe (chemische Elemente, s. d. Art.) sind. Es ist jedoch Sache der Chemiker die Bestandtheile der Körper so weit als möglich zu untersuchen, und es ist ausgemacht, daß viele von denen jetzt für einfach gehaltenen Stoffen sich bei Erweiterung unserer Erkenntniß in Bestandtheile werden zerlegen lassen, so wie man ja auch früher das Wasser für einen einfachen Stoff hielt, während man erst in neuerer Zeit seine Bestandtheile: Wasserstoff und Sauerstoff aufgewiesen hat.

Beugung des Lichtes nennt man die Erscheinung, daß Lichtstrahlen, welche an den Grenzen von Körpern vorbei gehen, oder durch eine enge Oeffnung gelassen werden, nicht geradlinig sich fortpflanzen, sondern von der geraden Richtung etwas abweichen, — gebeugt, — und dabei in farbige Büschel zerlegt werden.

Zuerst beobachtete die Beugung des Lichtes Grimaldi. Er ließ nämlich in ein finsteres Zimmer durch eine kleine Oeffnung einen Lichtstrahl eindringen und brachte in denselben einen dünnen undurchsichtigen Körper, dessen Schatten er auf einem dahintergestellten Papiere auffing. Nun ließ sich sehr leicht bestimmen, wie groß der Schatten des dünnen Körpers, (da die Entfernung desselben bekannt war, vom Punkte wo das Licht einfiel und von dem Papiere, auf dem der Schatten aufgefangen wurde), hätte sein müssen, sobald das Licht sich in gerader Linie fortpflanzte. Eben so konnte bestimmt werden, wie groß bei angenommen geradliniger Fortpflanzung des Lichtes der beleuchtete Raum hätte sein müssen. Grimaldi fand aber, daß sowohl der Schatten des dünnen Körpers, als auch der beleuchtete Ranm größer war, als jene Berechnung forderte. Hieraus folgte, daß sich das Licht beim

Digitized by Google

Durchgange durch die enge Oeffnung nicht geradlinig fortpflanze, sondern eine Beugung erleide. Zugleich bemerkte Grimaldi, daß der Schatten des dünnen Körpers nach innen und außen farbige Ränder habe. Grimaldi nannte die so beobachtete Erscheinung Diffraction (lat., so viel als Auseinanderbrechung). Noch eine andere merkwürdige Beobachtung machte Grimaldi. Er ließ nämlich durch zwei kleine Oeffnungen Licht in ein dunkeles Zimmer fallen. Fing er nun auf einer Tafel das Licht nur einer dieser Oeffnungen auf, so zeigte sich ein erleuchteter Kreis, der nach der Mitte zu heller als nach dem Rande zu war. Fing er aber die Lichtstrahlen beider Oeffnungen da auf, wo die beiden Lichtkreise in einander griffen, so erschien zwar der Theil, welcher von beiden Oeffnungen Licht empfing, im Ganzen heller, aber die Ränder beider Lichtkreise waren dunkler als die nur von einer Oeffnung beleuchteten Theile der das Licht auffangenden Tafel, obschon diese doch von beiden Oeffnungen Licht empfingen. Hieraus schloß Grimaldi, was sich später in viel auffallenderer Weise bestätigt hat: daß ein erleuchteter Körper dunkler werden kann, wenn ein neues Licht zu dem ihn schon erleuchtenden hinzukommt.

Grimaldi's vorhin angegebener Versuch ist seitdem häufig wiederholt worden. Zunächst von Newton, welcher näher die Beschaffenheit der farbigen Ränder untersuchte. Um die Farben recht deutlich zu haben, ließ er den Schatten auf ein schief gegen die Richtung des Lichtstrahles gestelltes Papier fallen. Er beobachtete drei Farbenränder, von denen der dem Schatten am nächsten liegende der lichtvollste und breiteste war. Die Ordnung der Farben dieses inneren Randes war von innen heraus: violett und dunkelblau, lichter blau, grün, gelb, roth; der zweite Rand war nach innen blau, dann gelb und roth gefärbt, und eben so der dritte.

Brougham erweiterte den Versuch auf lehrreiche Weise. Er ließ nämlich den weißen Lichtstrahl, der in das dunkle Zimmer drang, auf eine polirte Nadel fallen, und fing die bunten Sonnenbilder, welche durch Zurückwerfung entstehen, auf einer Tafel auf. Wenn er in das Licht ein Prisma brachte und so richtete, daß die Nadeln von den verschiedenen Farbenstrahlen in verschiedenen Punkten getroffen wurde, so erschienen die Bilder, welche jeder Farbenstrahl machte, kenntlich und getrennt, und zwar war das rothe Bild am breitesten, am schmalsten aber das violette. Hieran schloß sich folgender Versuch. Die einfallenden Lichtstrahlen wurden durch ein Prisma in Farbenstrahlen zerstreut, diese wurden durch eine Glaslinse aufgefangen, jenseits deren Brennpunkt sie wieder auseinander gingen. Dort nun fielen sie auf ein zweites Prisma, das sie zu einem weißen Strahle sammelte und mit diesem die polirte Nadel beleuchtete, von der man die durch Zurückwerfung hervorgebrachten Bilder beobachten wollte. Wenn man nun irgend einen Farbenstrahl durch einen Schirm hinderte, nach der Linse zu gelangen, so fehlte derselbe auch in dem zurückgeworfenen Farbenbilde.

Flaugergues bemerkte, daß der Schatten, welchen dünne Körper in der angeführten Art warfen, nicht bloß am äußeren Rande die er-

Digitized by Google

wähnten Farbenstreifen zeigte, sondern der Schatten selbst war seiner ganzen Länge nach in parallele farbige Streifen getheilt.

Schon de L'Isle und Maraldi setzten dem Lichtstrahle, welcher in ein dunkles Zimmer einfiel, breitere Körper aus. An dem Schatten einer runden Scheibe bemerkte auf diese Weise der erstere der genannten einen hellen Rand und erklärte, daß auf dieselbe Weise der Ring entstehe, welcher bei einer totalen Sonnenfinsterniß um den Mond gesehen werde. Maraldi machte außer den Versuchen im dunklen Zimmer entsprechende im freien Sonnenlichte, von denen später die Rede sein wird. Zu seinen Versuchen im dunklen Zimmer nahm er dickere Stäbe, maß die Größe ihres Schattens und verglich die so gefundene mit der Größe, welche er aus der Dicke der Stäbe ihrer Entfernung von der Oeffnung, durch welche das Licht drang, und von der Wand, welche den Schatten auffing, nebst der Breite des einfallenden Lichtstrahles berechnet hatte.

Flaugergues wiederholte im dunklen Zimmer die von Newton und andern angestellten Versuche, zeigte aber genauer als die frühern Beobachter, wie die Erscheinungen sich ändern, wenn der schattenwerfende Körper sehr schmal ist. Eine mit Ruß geschwärzte Messingplatte ward dem Sonnenstrahle im dunklen Zimmer ausgesetzt und hier fand sich nun der eigentliche Schatten so breit, als er nach den Gesetzen des geradlinigen Fortganges der Lichtstrahlen sein mußte, aber an jeder Seite begleitet von drei oder vier Farbenstreifen, die dem Rande des Schattens parallel sind. Diese hellern Streifen haben Farbensäume, und zwar alle das Blau gegen den Schatten hin, das Gelb und Roth am andern Rande, aber diese Farben mit abnehmender Lebhaftigkeit beim zweiten, dritten und vierten Streifen, welche nämlich weiter von der Grenze des Schattens entfernt sind. Die hellen mit Farbensäumen versehenen Streifen sind in in der Mitte weiß und lichtvoller, als das übrige directe Sonnenlicht; fängt man das Licht auf einer hinreichend schief geneigten Tafel auf, so erkennt man in dem Weiß die ganze Farbenfolge. Wenn die den Schatten auffangende Tafel nahe hinter der Platte stand, so war der Schatten scharf abgeschnitten, aber bei größerer Entfernung erhellten sich die Ränder des Schattens und wurden einem Halbschatten ähnlich; bei erheblich großer Breite der Platte erreichte diese Erhellung der Ränder noch nicht die Mitte. Wurde der einfallende Strahl durch ein Prisma in Farbenstrahlen zerlegt, und ein drei Linien breites Kupferblech in diese Farbenstrahlen gehalten, so zeigten sich ebenfalls drei dem Rande des Schattens parallele Streifen ebenso gefärbt, wie das auffallende Licht es forderte, aber mit lebhafterer Färbung, als der Raum, wo die durch das Prisma gehenden Strahlen ungehindert auffielen. Wenn der Rand des Schattens die ungleichen Farbenstrahlen, die vom Prisma ausgingen, durchschnitt, so entfernten sich die im rothen Theile des prismatischen Farbenbildes, erscheinenden Streifen etwas mehr, als die violetten, vom Rande des Schattens. Die Beugung wirkt also, wie schon Newton bemerkt hatte, stärker auf die rothen Strahlen, als auf die violetten; aber die Wiederholung derselben Farben, in den dreifachen und selbst mehrfachen

Rändern, zeigt, daß hier nicht eine ſtetige Wirkung ſtatt findet, ſondern daß dieſe in gewiſſen Abſtänden ſich ändert und in größeren Abſtänden wieder eintritt, und ſich alſo in Hinſicht auf dieſe Wiederholungen (wie Flaugergues bemerkt) den Newtonſchen Anwandlungen ähnlich zeigt.

Um die Verſchiedenheit der Erſcheinungen bei einem breiteren und einem ſchmalern Körper zu zeigen, wandte Flaugergues eine Platte an, welche die Geſtalt eines gleichſchenkligen Dreieckes hatte; die Grundlinie war = 1‴, 26, die Höhe = 8‴, 50; das Dreieck ward vertical mit der Spitze nach oben aufgeſtellt, 4 Fuß von der Oeffnung im Laden des Fenſters, die weiße Ebene ſtand 4 bis 5 Fuß hinter jener. Hier zeigte ſich an dem breiteren Theile, gegen die Grundlinie zu, bloß einige Erhellung innerhalb der Ränder des Schattens und gefärbte Streifen außerhalb. Da wo der Schatten ſchmäler wird, zeigen ſich im Innern des Schattens an jeder Seite drei dunkle Streifen, die gegen die Spitze hin aus einander gehend immer lebhafter werden; weiter gegen die Spitze laufen die hellen Streifen in einander, ſo daß der Schatten hier ganz verſchwindet, ganz mit dem Lichte der gebeugten Strahlen bedeckt iſt. Flaugergues zieht aus ſeiner Abmeſſung den Schluß, daß ein 0, 7 Linien breiter Körper in jener Entfernung gar keinen eigentlichen Schatten mehr wirft, und führt einen eigenen Namen: Poikilogramm (poicilogramme, farbiger Fleck) ein, um dieſen Raum eigenthümlich zu bezeichnen. Dieſes Poikilogramm nannten Grimaldi und Newton Schatten, und ſofern hatten ſie Recht, von einem Breiterwerden des Schattens zu reden. Eine Nadel gibt ſtatt des Schattens einen gelben Streifen, begrenzt von zwei dunklern Linien. Damit dieſe Erſcheinung entſtehe, muß der Körper ſehr ſchmal ſein und beide Ränder müſſen zugleich einwirken können. Bringt man an einer Stelle eines ſo ſchmalen Körpers an der einen Seite ein angeklebtes Stück Papier oder eine andere ſchattenwerfende Materie an, ſo erhält man ſogleich einen ordentlichen Schatten, und ſtatt daß der Rand des Poikilogramms gerade war, iſt nun der Rand des Schattens an der Stelle, welche dem angeklebten Stücke an der andern Seite entſpricht, eingebogen, nicht mehr geradlinig zuſammentreffend mit der Grenze der unvollkommenen Beſchattung des ſchmalen Theils. Die Streifen, die im Innern des bunten Halbſchattens (Poikilogramms) entſtehen, ſcheinen in der Nähe des breiteren Stückes ſich einwärts zu beugen. Hieraus folgt alſo, daß die Einwirkung eines nahe liegenden zweiten Randes oder der an einem zweiten Rande vorbeigehenden Strahlen nöthig iſt, um die Farbenzerſtreuung bei der Beugung hervorzubringen, ſtatt daß eine bloße Hineinbeugung aller Strahlen, eine matte Erhellung des Schattens an ſeinem Rande ſtatt findet, wenn bei einer breiten Platte nur ein Rand einwirkt. Dieſe zur Hervorbringung der Farbenſtreifen nothwendige Einwirkung eines zweiten Randes, an welchem die Strahlen hinſtreifen, zeigt ſich noch auf eine andere Art. Hat man nämlich eine nicht ſehr ſchmale Platte aufgeſtellt, bringt aber hinter dieſer den Rand einer zweiten Platte, parallel dem Rande der erſtern, ſo gegen die Grenze des Schattens heran, daß die zweite innerhalb des

Digitized by Google

von der erstern geworfenen Schattens in die gebeugten Strahlen eintritt, so bemerkt man, daß aus den, bis dahin bloß den Schatten etwas erhellenden Strahlen alsdann farbige Streifen hervorgehen, die also aus einer neuen Beugung und Zerlegung in Farbenstrahlen an der zweiten Platte entstehen.

Schon Flaugergues hatte, wie gesagt, bemerkt, daß die streifige Erscheinung im Innern des Schattens sogleich in eine gleichförmige matte Erleuchtung durch hineinwärts gebeugte Strahlen überging, wenn man an die andere Seite des schmalen Körpers ein breiteres Stück Papier oder dergleichen anklebte. Young wiederholte diese Versuche in der Art, daß er einen Schirm bald vor bald hinter den einen Rand jenes schmalen Körpers stellte, um die an ihm vorbeigehenden Strahlen nicht zu dem Orte des aufgefangenen Schattens gelangen zu lassen und dieses hatte den sichern Erfolg, auch die dem andern Rande angehörenden im Innern des Schattens liegenden Streifen zu zerstören. Wurde der kleine Schirm zwischen dem schattenwerfenden Körper und der den Schatten auffangenden Ebene aufgestellt, so mußte er hinreichend tief in den Schatten einrücken, um die schon so weit von diesem Rande nach Innen abgelenkten Strahlen wirklich aufzufangen. Dasselbe beobachtete auch Fresnel und beide schlossen, unabhängig von einander aus der beobachteten Erscheinung, daß die im Innern des Schattens sichtbar werdenden Streifen von der Durchkreuzung der von beiden Rändern ausgehenden Strahlen abhängen müßten.

Die Art und Weise, wie Fresnel beobachtete, gestattete besonders große Schärfe. Statt einer kleinen Oeffnung zu Durchlassung des Lichtes, bediente er sich nämlich einer Linse mit kurzer Brennweite. Hierdurch erhielt er das Sonnenlicht in einen Punkt gesammelt. In den von diesem Punkte ausgehenden Lichtkegel brachte er nun die undurchsichtigen Körper, durch welche er die Beugung bewirken wollte. Wollte er nur einfarbiges Licht auf dieselben bringen, so ließ er das Licht, ehe es zu dem beugenden Körper gelangte, erst durch ein Glas gehen, welches nur den einen oder den andern einfarbigen Strahlen den Durchgang gestattete. Anstatt ferner die durch Beugung entstandenen Streifen auf einem mattgeschliffenen Glase (wie gewöhnlich) aufzufangen, fing er sie unmittelbar im Auge selbst auf, wodurch sie in bei weitem größeren Glanze erschienen. Um endlich mit dieser Beobachtungsart auch ein Mittel der Messung zu verbinden, bewaffnete er das Auge mit einer Lupe, welche auf einem massiven Fuße befestigt und mittelst einer Schraube horizontal längs einer, in gleiche Theile getheilten Scale beweglich war. So vermochte er nach und nach die Axe dieser Lupe vor jeden glänzenden oder dunklen Streifen zu bringen, dessen Lage er dann genau fixirte, indem er sie auf einen ganz feinen, vor der Lupe in ihren Brennpunkt selbst ausgespannten Faden bezog. Auf diese Weise war er im Stande an der eingetheilten Scale die Zwischenräume der Streifen durch den Weg zu messen, den der Faden zu machen hatte, damit hinter ihm erst der eine, dann der andere gesehen werde.

Eine andere Reihe von Versuchen, welche ebenfalls und fast noch deutlicher die Beugung des Lichtes zeigen, wurde durch eine in folgender

Digitized by Google

Art von Newton angestellten Versuch veranlaßt. Er stellte zwei gerade geschliffene Messerschärfen in dem durch eine enge Oeffnung in das dunkle Zimmer eingelassenen Lichtstrahl einander so gegenüber, daß sie entweder parallel mit einander liefen, oder in einen kleinen Winkel gegen einander geneigt waren. Hier waren die Erscheinungen, die sich auf einer, das durch den Spalt durchgelassene Licht auffangenden Ebene zeigten, theils nach der Entfernung dieser Ebene, theils nach der größeren oder geringeren Weite des Spaltes verschieden. Fing man das Licht nicht allzuweit hinter dem Spalte auf und war dieser durch die parallel gehaltenen Schärfen der Messer begrenzt, so zeigten sich drei Farbenränder an jeder der Messerschneiden an dem Rande des hellen Raumes, die deutlicher und breiter wurden, so wie man den Spalt verengerte; bei weiterem Verengern des Spaltes verschwand zuerst der äußere Farbenstreif, dann der zweite, dann der innerste; und wenn man die allmählige Verengerung fortsetzte, wobei der erleuchtete Raum sich breiter zeigte, so entstand in der Mitte dieses erleuchteten Raumes ein dunkler Schatten, welcher bei noch größerer Verengerung des Spaltes breiter wurde und endlich den lichten Raum verdeckte. — Wenn man die beiden Messerschneiden in einen sehr kleinen Winkel von nicht völlig 2° gegen einander neigte, so erhielt man auf einer nur etwa einen Zoll von dem Spalt entfernten Tafel eben die Farbenstreifen an jeder der beiden Messerschneiden, mit den Grenzen ihrer Schatten gleichlaufend; diese Streifen bildeten eben so große Winkel mit einander als der, welchen die Schneiden selbst mit einander machten und gingen nicht über den Scheitel des Winkels hinaus; war aber die Tafel zum Auffangen des Lichtes in hinreichender Entfernung aufgestellt, so gingen die Farbenstreifen in den Schatten hinein, aber nicht in Gestalt von geraden Linien, sondern in der von Hyperbeln.

s'Gravesande bemerkte, daß die an beiden Seiten des hellen Zwischenraumes erscheinenden hellen Linien oder Farbenstreifen von jeder der beiden Schärfen abhängig wären, denn sobald die eine der Platten in eine zitternde Bewegung gebracht wurde, zeigte sich diese zitternde Bewegung an den Farbenrändern auf beiden Seiten.

Besonderes Interesse haben die von Biot und Bouillet angestellten Versuche; sie ließen gleichfalls in ein finsteres Zimmer durch eine Oeffnung den Lichtstrahl fallen. Die Oeffnung hatte nur 1 Millimeter Durchmesser, und der Lichtstrahl wurde durch ein in denselben gestelltes Prisma in Farbenstrahlen zerlegt. Sie ließen nun einen Farbenstrahl nach dem andern auf den engen Spalt fallen, welchen zwei zugeschärfte Metallplatten mit einander machten, und die durch diesen Spalt gegangenen Lichtstrahlen wurden auf einer an der Hinterseite matt geschliffenen Glasscheibe aufgefangen. Nun erschienen die Farbenstreifen einfarbig, gemäß der Farbe des auffallenden Lichtes und sie wurden durch vollkommen schwarze Zwischenräume von einander getrennt. (S. F. 71.) Je weiter sich die Farbenstreifen von der Mitte entfernten, desto mehr verloren sie an Deutlichkeit. Die Abstände der einzelnen Streifen von der Mitte wurden abgemessen, und diese Abstände waren zwar bei jeder Farbe andere, aber bei jeder Farbe fand man, daß der zweite dunkle

Digitized by Google

Streifen doppelt so weit von der Mitte abstand als der erste, der dritte dreimal so weit u. s. w.; die hellen Streifen aber lagen dazwischen genau in der Mitte. Dieselbe Ordnung fand man bei den Ringen, welche das Bild einer runden Oeffnung umgeben, wenn auf dieselbe ein einfacher Farbenstrahl fällt. Bei verschiedenen Farben ist aber die Größe des Abstandes des ersten Ringes, also auch der Abstand jedes weiteren Ringes verhältnißmäßig verschieden. Nimmt man nämlich für den äußersten rothen Streif den Halbmesser irgend eines Ringes = 1 an, so findet man = 0,9243 für die Grenze des Roth und Orange; = 0,8855 für die Grenze des Orange und Gelb; endlich = 0,6300 für die äußersten violetten Strahlen. Diese Zahlen stimmen aber ganz genau mit den Anwandlungen überein, und so ergibt sich das Gesetz, daß die Entfernungen der farbigen Streifen oder Ringe von der Grenze, die der gerade fortgehende Lichtstrahl angeben würde, genau sich verhalten, wie die Längen der Anwandlungen der einzelnen Farben. Es wird nämlich die Länge der Anwandlungen bestimmt durch die Dicke der Luftschichten an den Stellen, wo sich in den Newtonschen Farbenringen der Ring irgend einer Ordnung im Roth, Orange, Gelb u. s. w. zeigt und diese Dicken sind für die äußerste Grenze das Roth, für die Grenze des Roth und Orange, für die Grenze des Orange und Gelb, für das äußerste Violett

6,35; 5,85; 5,60; 4,00;

diese Zahlen verhalten sich aber wie

1,000; 0,921; 0,882; 0,630.

Durch viele Versuche, deren später Erwähnung gethan wird, hatte Flaugergues gezeigt, daß die Erscheinung der Beugung des Lichtes nur durch die größere oder geringere Entfernung der Ränder, an denen dasselbe vorbeigehe, verschieden wären, daß aber die Natur der Körper, ob sie Eisen, Holz u. s. w., von keinem Einfluß auf die Erscheinungen der Beugung des Lichtes wären. Die Bemerkung, welche man bei den Anwandlungen gemacht hatte, daß sie nämlich bei verschiedenen optischen Mitteln von verschiedener Länge wären, leitete darauf, zu untersuchen, ob nach dem verschiedenen Brechungsvermögen verschiedener Mittel, in denen sich die das Licht beugenden Ränder befänden, auch die Erscheinungen der Beugung andere werden würden. Newton hatte, um den Einfluß verschiedener Mittel zu bestimmen, eine Haar zwischen Gläsern mit Wasser umgeben und die Farbenringe eben so gefunden, wie sie sich zeigten, als sich das Haar in der Luft befand. Auch Biot und Bouillet fanden, als sie ihre Vorrichtung mit dem schmalen Spalt in ein kleines Gefäß mit Wasser setzten, dessen Wände aus parallelen, 2 Centimeter von einander abstehenden, Glasplatten bestanden, daß die Farbenstreifen, wenn man sie von jenem Gefäße auf einer Tafel auffing, genau eben so waren, wie wenn sich die Vorrichtung in der Luft befand. Hieraus folgte, daß die Ablenkung bei der Beugung in den verschiedenen durchsichtigen Mitteln so geändert wird, daß die nachherige Brechung beim Hervordringen in die Luft diese Aenderung aufhebt. Bei den Anwandlungen hatte man gefunden,

Digitized by Google

daß sich die Länge derselben wie der Brechungsexponent des optischen Mittels verhielt (s. S. 42). Wenn nun bei der Beugung ein Gleiches statt finden sollte, so mußte die Ablenkung beim Wasser 0,77 der Ablenkung bei der Luft sein. Diese Aenderung der Ablenkung wurde aber beim Wiederheraustreten des Strahls in die Luft aufgehoben, und die Erscheinung blieb also ungeändert.

Um indeß die in dem andern Mittel eintretenden Aenderungen wahrzunehmen, ehe der Strahl in die Luft übergeht, und jenes wichtige Gesetz, daß sich die Beugung wirklich dem Brechungsverhältnisse gemäß ändere, deutlich zu bestätigen, wurde ein 2 Meter langes Gefäß genommen, um darin jene beiden den engen Spalt bildenden Schärfen einzutauchen und dieses ward am Ende mit einem mattgeschliffenen Glase geschlossen. Das Gefäß mußte eine bedeutende Länge haben, damit das mattgeschliffene Glas, auf welchem die Farben sich zeigen sollten, denjenigen Abstand habe, in welchem sich schon alle Farbenstreifen gehörig darstellen. Der Versuch wurde zuerst angestellt, wenn das Gefäß bloß mit Luft gefüllt war, die Farbenstreifen wurden genau abgemessen und dann das Gefäß mit Wasser gefüllt. In der That nahmen die Abstände der Streifen ab und wurden $\frac{3}{4}$ dessen, was sie vorhin waren, ganz so, wie es das Verhältniß der Berechnung fordert. Eben der Versuch ward so wiederholt, daß die den Spalt bildenden Flächen von Crownglas waren, eingetaugt in Terpentinöl, welches fast eben so stark als Glas bricht; aber auch da bestätigte sich dasselbe Gesetz, daß die Ablenkung den Anwandlungen, so wie sie in diesem Mittel sein müssen, gemäß sind.

Biot und Bouillet bemerken ferner, daß, wenn man die Tafel, auf welcher die Farbenstreifen sich darstellen sollen, weit genug von der Oeffnung entfernt, so daß die sämmtlichen Farbenstreifen sich schon alle deutlich entwickelt haben, so verändert ein noch weiteres Entfernen der Tafel nur die Ausdehnungen der Ringe oder Streifen, aber ihre Anordnung bleibt dieselbe; nähert man dagegen die Tafel der Oeffnung, so lernt man genauer die Bildung der Farbenstreifen kennen, und nähert sich der Bestimmung des Weges der sie bildenden Strahlen. Hierüber stellten jene Physiker eine neue Reihe von Versuchen an.

Der Lichtstrahl wurde durch eine Oeffnung von 1 Millimeter in das dunkle Zimmer gelassen, dann wurde er durch ein vertical stehendes Prisma gebrochen und die gebrochenen Farbenstrahlen auf den Spalt jenes sehr entfernt stehenden Instruments mit zwei scharfen Kanten geworfen, wobei man durch Drehung des Prisma's jede einzelne Farbe auf den Spalt bringen konnte. Die mattgeschliffene Glastafel war an einem langen Lineale so befestigt, daß man sie auf alle bestimmten Entfernungen stellen konnte. Hier ergab sich nun Folgendes. Dem Spalte wurde eine Oeffnung von 1 Millimeter gegeben und fast die äußersten rothen Strahlen auf denselben gelenkt. Stand nun die mattgeschliffene Glasplatte in 2 Millimeter Entfernung, so sah man, selbst mit einer starken Lupe, nur einen gleichförmig erhellten Streifen, 1 Millimeter breit, mit scharf abgeschnittenem Schatten; entfernte man aber allmählig das mattgeschliffene Glas, so sah man das Licht an den Seiten lebhaf-

Digitized by Google

ter werden, während der innerhalb an diesen Rändern anliegende Theil etwas von seinem Glanze verlor; bei 32,6 Millimeter Entfernung sieht man an jeder Grenze des erleuchteten Rechtecks (nämlich an den Grenzen, die durch die Schatten beider Schärfen hervorgebracht werden) eine helle Linie, an welcher sich innerhalb eine dunkle Linie zeigt, beide sind der Grenze des Schattens parallel; der zwischenliegende erleuchtete Raum erscheint noch gleichförmig hell. Entfernt man die Glasplatte noch etwas mehr, so sieht man unter dem einfachen Vergrößerungsglase diesen Raum gestreift, mit einer Menge höchst feiner dunkler Linien gefüllt, die durch sehr zarte glänzende Linien von einander getrennt sind, und deren Helligkeit, beträchtlich geringer, als die der ersten hellen Linien am Rande, sich gegen die Mitte zu vermindern scheint. Läßt man die Entfernung abermals zunehmen, so sieht man die hellen und glänzenden Linien an Zahl abnehmen, wobei aber die Breite der noch übrig bleibenden größer und kenntlicher wird. Ist man so fortgerückt, so kommt man zu einer Stelle, wo man diese Streifen zählen kann, z. B. bei dem hier erzählten Versuche waren es 5 helle und 4 dunkle in dem Raume eines Millimeters, indem die Mitte hell war; entfernt man die mattgeschliffene auffangende Glastafel aber etwas weiter, so gehen die beiden dunkeln, die der Mitte am nächsten waren, zusammen und der helle Streif ist aus der Mitte verschwunden, so daß man nur noch 4 helle und 3 dunkle Streifen hat; dieses war deutlich eingetreten bei 91,8 Millimeter Entfernung, wo der ganze erleuchtete Raum noch immer 1 Millimeter breit und in sieben ziemlich gleiche Streifen zerlegt schien. Bei einer noch größern Entfernung werden die dunklen und hellen Linien wieder unbestimmter, aber wenn man in dieser anscheinenden Verwirrung die Veränderungen des mittlern Streifens genau beobachtet, so sieht man ihn allmählig schmaler werden, die hellen Streifen, die ihn begrenzten, nähern sich einander, decken dann einander, so daß nur zwei schwarze und drei helle Streifen übrig bleiben, wenn die Glasplatte bis zu 134 Millimeter weggerückt ist. Ebenso vermindert wieder, bei noch größerer Entfernung der Glasplatte, der helle Mittelstreif seine Breite, die ihn begrenzenden schwarzen Streifen gehen zusammen und decken sich, wenn der Abstand 197 Millimeter beträgt, so, daß dann nur ein dunkler Mittelstreif mit zwei hellen Streifen in dem noch immer 1 Millimeter breiten Raume übrig bleiben. Endlich bei noch größerer Entfernung vereinigen sich die zwei hellen Streifen, und der ganze 1 Millimeter breite Raum ist erleuchtet. Aber wenn man die Tafel abermals weiter entfernt, so fangen die Streifen, durch einander hindurch gehend, an, sich in den entgegengesetzten Schatten hinein auszubreiten und je weiter man die Glastafel entfernt, desto breiter wird der nicht mehr von dunkeln Linien unterbrochene helle Raum in der Mitte, welcher also durch zwei von jeder der beiden Schärfen sich ausbreitende und durch einander hindurch gehende Lichtstrahlen gebildet zu werden scheint. Die Fig. 72 stellt dar, wie Biot sich hiernach den Gang der Strahlen glaubte vorstellen zu müssen, und sie zeigt allerdings den Ort, wo 6 dunkle, wo 5 dunkle, 4 dunkle, 3 dunkle Zwischenräume u. s. w. sichtbar sind. Man erkennt auch in dieser

Digitized by Google

Figur, wie außerhalb des mittlern Raumes Farbenstreifen mit dunkeln Streifen abwechselnd entstehen. Sobald nämlich der von der rechts liegenden Schärfe am entferntesten ausgehende dunkle Streif über die Grenze jenes Raumes hinausfällt, sobald der erste helle Streif der zweite dunkle und so ferner diesen Platz erreichen, so zeigen sich diese als Farbenstreifen außerhalb jenes mittlern Raumes. Hiernach schien es, als ob man sich den ganzen Weg der Lichtstrahlen, die senkrecht in den engen Spalt eintreten, so denken könne, als ob diese Lichtstrahlen sich in eine Menge kleiner Strahlen theilten, so als ob sich das Licht in diesen kleinen, getrennten Strahlen verdichtet, in den zwischenliegenden Räumen dagegen verdünnt hätte; diese Verdichtung mußte in der größten Nähe an der Schärfe, an welcher der Lichtstrahl vorbeigeht, am stärksten und die Ablenkung geringer sein, als weiter nach der Mitte des Spaltes. In Rücksicht dieser Ablenkung glaubt Biot folgende Gesetze feststellen zu können. Der unmittelbar an den festen Körper selbst vorbeigehende Lichtstrahl ist gar nicht abgelenkt, und deßhalb ist der Schatten so strenge auf gleicher Breite mit dem Spalt begrenzt, so lange die Strahlen, welche Abwechselungen von Hell und Dunkel bilden, noch nicht alle aus diesem Raume hervorgegangen sind. Neben diesem ersten Lichtstrahle, dessen entferntere Theile ein wenig abgelenkt sind, liegt der erste Raum verdünnten Lichtes, der zweite mehr abgelenkte aber mattere Strahl verdichteten Lichtes grenzt hieran u. s. w. Das Uebrige erläutert die Zeichnung zureichend, und was hier für eine Art von Farbenstrahlen gezeichnet ist, das fände für jede einzelne Art Farbenstrahlen statt, nur mit einer mindern Abweichung für die, welche brechbarer sind.

Um die Erscheinung der Beugung, wie sie im Vorhergehenden erwähnt worden, zu beobachten, ist von Mayer ein einfaches Instrument: Inflexioskop (v. d. lat. Inflexio Beugung, und d. griech. σκέπω sehen) erdacht. Es besteht dieses aus einem Rohre (Fig. 73), an dessen einem Ende eine Scheibe angebracht ist mit einem engen Spalte, der mittelst einer Schraube verengert und erweitert werden kann. Will man nun die Beugung an einem engen Spalte beobachten, so wird auch das andere Ende des Rohres (Fig. 73, a.) mit einer Scheibe mit Spalt geschlossen, und zwar so, daß beide Spalte einander gegenüber stehen. Will man aber die Beobachtung an einem dünnen beugenden Körper anstellen, so wird in das obere Ende des Rohres ein zweites engeres Rohr geschoben, an dessen unterm Ende der dünne Körper angebracht ist, am vorderen Ende aber hat dieses Zugrohr eine verschiebbare Ocularröhre, in der sich eine Linse befindet (Fig. 73, b.). Bei der Beobachtung läßt man durch den engen Spalt helles Licht einfallen und stellt die Röhren so, daß man mit möglichster Deutlichkeit die Farbenerscheinungen erhält. Aus der ganzen Einrichtung des Instrumentes geht hervor, daß sich die Beugungserscheinungen nur ganz im allgemeinen durch dasselbe beobachten lassen.

Nicht jedoch nur im verfinsterten Zimmer, sondern auch im freien Sonnenlichte sind die Erscheinungen der Beugung des Lichtes zu bemerken. Maraldi hing eine Kugel oder einen Cylinder im Sonnenlichte

Digitized by Google

auf und fand den Schatten desselben bedeutend kürzer als er nach der Größe des Sonnendurchmessers hätte sein müssen, wenn sich die Lichtstrahlen ohne Abbeugung in gerader Linie fortbewegten. Auch bemerkte er den hellen Ring um den Schatten und die durch gebeugte Strahlen verminderte Schwärze des Ringes selbst in dem Raume, wohin nach den gewöhnlichen Regeln der Optik kein Sonnenstrahl gelangen konnte. Die genauesten Versuche im freien Sonnenlichte stellte darauf Flaugergues an.

Man hänge im vollen Sonnenlicht, eine mit Ruß geschwärzte Kugel auf und lasse ihren Schatten auf eine weiße Tafel fallen, so zeigt sich der Schatten ungleich, je nachdem man die weiße Tafel mehr oder minder entfernt. Steht die Tafel sehr nahe, so ist der gleichförmig dunkle Schatten mit einem schmalen Halbschatten und dieser mit einem sehr schmalen hellen Kreis umgeben; entfernt man sie, so wird der Schatten kleiner, der Halbschatten wird breiter und der helle Kreis wird breiter und matter; bei einer Entfernung von 12 Kugeldurchmesser wird die Mitte des Schattens der Kugel gleich einem Halbschatten matt erleuchtet, der Rand des Schattens aber behält seine Schwärze; entfernt man die Kugel bis auf 104 oder 105 Kugeldurchmesser, so ist in der Mitte des Schattens die Erleuchtung so concentrirt, daß sie fast wie ein weißer Punct mitten in dem schwarzen Schatten erscheint; bei noch größerer Entfernung verschwindet der helle Punct und ein dunkler Punct wird kenntlich, der etwa in der Entfernung von 107 Kugeldurchmessern auch verschwindet. Diese Entfernung, die sich mit der scheinbaren Größe der Sonne etwas ändert, ist diejenige, bei welcher der Rand der Sonne vom Rande der Kugel verdeckt wird. Diese Erscheinungen bleiben dieselben, es mag der schattenwerfende Körper eine Kugel sein, oder eine bloße Kreisscheibe. Wenn man statt einer dichten Scheibe eine in der Mitte durchbohrte anwendet, so tritt eine doppelte Erscheinung ein; an der Seite der Oeffnung findet eine Beugung der Strahlen vom Rande abwärts nach der Mitte zu und vom Rande einwärts gegen den Schattenring zu statt, und eben so werden am äußern Rande der Scheibe Strahlen nach dem Innern des Schattens und Strahlen vom Schatten hinauswärts abgelenkt; die in den hellen Raum in der Mitte hinein gebeugten machen einen hellen Punct auf der in der Mitte erhellten Fläche, und auf dem ringförmigen Schatten bemerkt man in der Mitte mehr Erhellung, umschlossen von schwärzern Kreisen.

Ein andere Reihe von Versuchen zeigt, daß die Oberfläche und die innere Beschaffenheit der Körper keinen Unterschied machen, indem polirte und matt geschliffene Metalle, Kugeln von Holz, Metallen oder Harzen, Scheiben von verschiedenen Metallen und Tropfen, Quecksilber oder Tinte, zwischen Gläsern plattgedrückt, gleiche Erscheinungen geben. Eben so gleich blieben die Erscheinungen, wenn man Metallscheiben zwischen ebene Glasplatten legte und sie bald mit Luft bald mit Wasser, bald mit Weingeist umgeben beobachtete. Auch ungleiche Temperatur hatte keinen Einfluß, sondern kalte Eisenkugeln und Eisenkugeln bis zum Glühen erhitzt zeigten gleiche Erscheinungen des Schattens, wenn man

Digitized by Google

nur bei den letzteren den Luftzug, welchen heiße Körper bekanntlich neben sich veranlassen; durch Verschließen in Glasgefäße hinderte*).

Den Einfluß, welchen das Annähern eines zweiten schattenwerfenden Körpers hat, zeigt Flaugergues auf folgende Weise. Wenn die hinter der Kugel aufgestellte weiße Fläche so entfernt ist, daß der Schatten in der Mitte erhellet und nur von einem dunkeln Rande umgeben erscheint, so bringe man einen andern dunkeln Körper näher bei der den Schatten auffangenden Ebene in den Schattenkegel, und dieser wirft einen sehr kenntlichen Schatten auf jenen Schatten; ist aber dieser zweite dunkle Körper mehr als einige Zoll von der Ebene entfernt, so ist der Schatten nicht mehr kenntlich. Wenn man das Auge selbst (am besten gedeckt durch ein Verdunkelungsglas um den Glanz zu ertragen) in den Schattenkegel hinter der Kugel bringt, so sieht man diese von einem leuchtenden Ringe umgeben, der immer glänzender wird, je mehr das Auge sich der Spitze des Schattenkegels nähert. Dieses vom Rande der Kugel in den Schatten hereingebeugte Licht ist auch die Ursache des Schattens, den man von einem zweiten Körper geworfen sieht, obgleich er im Schatten des ersten ist. Wenn man im Schattenkegel das Auge so bewegt, daß es der Grenze des Schattenkegels nahe kommt, so sieht man den Rand der Kugel da, wo der Sonnenrand zu erscheinen im Begriff ist, abgeplattet, welches daher kommt, weil die gebeugten Strahlen in einer Richtung, wie AB (Fig. 74.), zum Auge kommen und daher dem Auge in B, wenn es sich in der Spitze des Kegels der gebeugten Strahlen befindet, den Sonnenrand nach der Richtung BA zu suchen Veranlassung geben, rückt das Auge nach C oder c, so sieht es den wahren Sonnenrand nach CA und es ist so, als ob der Rand der Kugel ungefähr nach D zurückgerückt wäre, oder als ob an der Stelle, wo der wahre Sonnenrand hervortritt, der Halbmesser der Kugel vermindert wäre. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich auch, wenn man nach einem Kerzenlichte oder andern hellen Gegenstande am Rande eines dunklen Körpers hinblickt.

---

*) Neuerdings angestellte Versuche von Haldat zeigen gleichfalls, daß andere Umstände als die Gestalt der beugenden Körper ohne Einfluß auf die Erscheinungen der Beugung sind. Es wurden Platten und Drähte von Eisen, Kupfer, Silber, während sie die Beugung bewirkten, bis zum Weißglühen erhitzt und wieder bis — 10° C. erkaltet; es wurden Ströme und Entladungen von gewöhnlicher und galvanischer Electricität, welche selbst bis zum Schmelzen der Drähte getrieben wurden, hindurchgeleitet, der Lichtstrahl ward auf den Scheiben beugender Platten, womit ein sehr kräftiger Magnet armirt war, aufgefangen; man ließ durch die Lichtstrahlen, vor ihrem Anlangen an den beugenden Platten oder Drähten sehr helle Flammenstrahlen und mächtige elektrische Ströme hindurchgehen; alle diese Umstände bewirken keine Veränderung in den Säumen oder andern Beugungserscheinungen.

Digitized by Google

Gegen diese Beobachtungen im freien Sonnenlichte wandte Göthe mit Recht ein, daß nicht immer auf das von den Seiten her einfallende vom hellen Himmel herkommende Licht genug Rücksicht genommen worden sei. Hierdurch werden die Resultate der im Sonnenlicht angestellten Beobachtungen unsicher.

Alle vorhergehenden Beobachtungen über Beugung des Lichtes werden an Farbenpracht und Genauigkeit von denjenigen weit übertroffen, welche Frauenhofer angestellt hat, zu denen er sich einer eigenen Vorrichtung bediente, wodurch es möglich wurde die Winkel der Ablenkung des Strahles genau zu messen. Frauenhofers Apparat besteht in einem Theodolithfernrohre (Fig. 75). Vor dem Fernrohre befindet sich ein Scheibchen mit einer besonderen Theilung, auf welche der beugende Körper gestellt wird. Die Theilung dient dazu, um den Winkel zu messen, unter welchem das Licht auf den Schirm oder das Gitter fällt. Als beugenden Körper bedient sich Frauenhofer seiner Gitter aus Silberdraht oder solcher, die man erhält, wenn man in ein mit Goldplättchen belegtes ebenes Glas Parallellinien radirt oder mit einem Diamant in ein ebenes Glas solche Linien zieht. Die feinsten Versuche stellte Frauenhofer mit einem auf die letzte Art verfertigten Gitter an. Dieses bestand aus 3601 Linien und die Entfernung der Mitte je zweier Linien betrug nur 0,0001223 P. Zoll. Baumgärtner beschreibt einen Frauenhoferschen Apparat, wie ihn das Wiener Museum besitzt.

Dieser Apparat besteht aus einem achromatischen Fernrohre, dessen Ocularrohr sich sehr weit herausziehen läßt, um in Nothfalle auch in einem kleinen Zimmer beobachten zu können. Auf das Objectiv läßt sich ein Apparat so wie ein Deckel aufsetzen, welcher dazu dient, den Schirm oder das Gitter aufzunehmen.

Die zur Beugung bestimmten Apparate sind: 1) Ein Schirm mit einer 2 Z. langen Spalte, die sich mittelst einer Schraube weiter und enger machen läßt. 2) Ein Gitter aus feinem Silberdraht. 3) Mehrere mit Gold belegte, gleichförmig dicke Glasplatten, welche durch regelmäßiges Wegnehmen der Goldbelegung parallele Gitter von verschiedener Feinheit vorstellen. Eines dieser Gitter besteht aus feinen concentrischen Kreisen. 4) Ein Planglas mit 3601 in Glas geritzten Parallellinien von ausgezeichneter Feinheit und Genauigkeit. 5) Mehrere dünne Messingplatten mit feinen ausgeriebenen Löchern in verschiedener Stellung gegen einander.

Soll dieser Apparat gebraucht werden, so stellt man das Fernrohr in dem dazu bestimmten verfinsterten Zimmer auf, richtet es auf die Oeffnung am Fensterladen, durch welche das Licht eindringt, zieht das Ocular so weit heraus, daß man diese Oeffnung deutlich sieht, leitet mittelst eines Heliostats den eindringenden Lichtbüschel auf das Objectivglas des Fernrohres, setzt den Schirm oder das Gitter, wodurch die Beugung bewirkt werden soll, mittelst des vorhin erwähnten Aufsatzes vor das Objectiv und beobachtet das Beugungsphänomen im Gesichtsfelde des Fernrohres. Man kann auch die Erscheinung für mehrere

Digitized by Google

zugleich sichtbar machen, wenn man vor dem Ocular ein feines weißes Papier aufstellt, und Licht aus dem Oculare darauf fallen läßt.

Wenn man das Sonnenlicht durch eine schmale Oeffnung, etwa von ein Hundertel Zoll, einfallen läßt und das Fernrohr so stellt, daß man diese Oeffnung scharf sieht, dann aber ein aus parallelen nach einer einzigen Richtung gezogenen Linien bestehendes Gitter vor das Objectivglas bringt; so sieht man erstlich jenen schmalen Spalt deutlich und ohne Farben, daran zweitens an jeder Seite einen dunklen Raum, an welchen ein zweites Bild grenzt, das sein Violett gegen die Mitte der ganzen Erscheinung oder gegen jenes erste Bild wendet, daran stößt drittens an beiden Seiten symmetrisch ein dunkler Raum und dann ein neues doppelt so breites Farbenbild, worin wieder das Violett dem vorigen Bilde zugewandt ist und das Roth sich an der andern Seite zeigt; viertens grenzt hieran ein neues Farbenbild, das aber schon sein Violett mit dem Roth des vorigen mischt, und so folgen noch mehr Bilder, bei denen die Mischung noch stärker eintritt. Diese Farbenbilder werden am breitesten und haben die reinsten Farben, wenn die Linien, welche das Gitter bilden, recht fein und eng an einander sind; sie fordern um schön zu erscheinen, eine ganz genaue Gleichförmigkeit. Sind die Zwischenräume zwischen den Linien und ist die Dicke der Linien selbst ungleich, so zeigt sich ein nicht mehr farbiger Streif an beiden Seiten des hellen Raumes und ebenso an beiden Seiten einer Lichtflamme, denn da den weiter von einander abstehenden Linien eine enger an einander gereihte Folge von Bildern entspricht, den näheren Linien weiter entfernte Bilder, so fallen die den ungleichen Abständen entsprechenden Bilder auf einander, und zeigen den hellen Streifen, den wir auf einer unreinen Glastafel zu sehen gewohnt sind, wenn wir auf diese parallele Züge etwa mit dem Finger oder einem Tuche gemacht haben und dann eine Lichtflamme durch sie ansehen*).

---

*) Für diejenigen, welche mathematische Vorkenntnisse besitzen, sind von Interesse folgende von Frauenhofer aufgefundene Gesetze für die Ablenkung des Lichtes: 1) Bei verschiedenen Gittern aus sehr vielen, parallelen, gleich dicken Fäden und gleichen Zwischenräumen verhalten sich die Sinusse der Ablenkungswinkel gleicher Theile der Farbenbilder umgekehrt wie die Entfernungen der Mitte zweier Zwischenräume. 2) Für jedes einzelne Gitter bilden die Sinusse der Ablenkung gleichartiger farbiger Strahlen der verschiedenen Farbenbilder Glieder einer arithmetischen Reihe, deren Differenz dem ersten Gliede gleich ist. Fällt das Licht durch zwei gleiche Gitter zugleich auf das Objectiv des Fernrohres, so erfolgen die Erscheinungen wie bei einem; sind die Gitter aber ungleich, dann ist es geradeso, als wenn nur das feinere allein da wäre. — Wenn nur wenig gebeugte Strahlen zugleich ins Fernrohr treten, welches geschieht, wenn das Gitter eine geringe Anzahl Fäden enthält; so bemerkt man nebst den vollkommenen (eben erwähnten) Farbenbildern, noch eine dritte Gattung von Farbenbildern, die jenen ähnlich sind, aber nicht gleichartiges Licht enthalten. Aus genauen Messungen folgt: 1) Bei

Digitized by Google

Besonders schöne Erscheinungen finden statt, wenn durch mehrere runde und eckige Oeffnungen Strahlen auf das Objectiv des Fernrohrs fallen, und Strahlen, welche nach mehreren Richtungen gebeugt sind, auf einander einwirken. Fällt z. B. das Licht durch zwei gleiche, aber kleine runde Oeffnungen, auf das Objectiv des Fernrohres, so erblickt man darin die Erscheinung, welche Fig. 76[a] vorstellt, wo die weißen Räume Farbenbilder sind. Bei drei solchen Oeffnungen, deren Mittelpunkte ein gleichseitiges Dreieck geben, sieht man das Phänomen, welches Fig. 76[b] andeutet. Unbeschreiblich prächtig ist die Erscheinung, die man erhält, wenn das Licht durch viele viereckige, gleich weit von einander abstehende Oeffnungen ins Fernrohr tritt, sie läßt sich aber nicht wohl in einem kleinen Raume abbilden.

Im zurückgeworfenen Lichte sieht man die Erscheinungen der Beugung auf gleiche Weise, wie sie im direkten Lichte bemerkt werden. Wenn man nach Biot's Angabe auf eine polirte Kupfertafel mit einer scharfen Nadel eine feine gerade Linie einschneidet und das Sonnenlicht darauf fallen läßt, so erzeugt die Beugung desselben an den Rändern des Einschnittes ein prismatisches Farbenspiel. Eben dieses erhält man von wunderbarer Schönheit durch Spiegelung des Lichtes von der Fläche der durch Barton erfundenen irisirenden Knöpfe, welche aus polirtem, in verschiedene Felder getheilten, Metalle bestehen und wobei die einzelnen Felder mit höchst nahen und feinen parallelen Linien eingeschnitten sind. Das reflectirte Tageslicht zeigt die prismatischen Farben durch Beugung, das reflectirte Sonnenlicht wirft gegen eine Wand eine aus zahllosen solchen Farben bestehende Scheibe. Die Farben sind so viel schöner, je mehr Linien genau parallel neben einander in einem gleich großen Raume gezogen sind. Barton vermag 10000 derselben in den Raum eines Zolles zu ziehen.

Der Mechanikus Hoffmann in Leipzig hat in eine Stahlplatte mittelst eines Diamants außerordentlich enge Linien in gleichen Abständen gezogen, diese hat er so in eine Kapsel eingeschlossen, daß nur durch eine schmale Oeffnung das Sonnenlicht auf sie fällt. Durch ein Rohr sieht man nach der Stahlplatte, und wie diese durch Drehung gegen das einfallende Licht anders und anders gestellt wird, folgen sich

---

einem und demselben Gitter, aber einer verschiedenen Anzahl Fäden verhalten sich die Abstände derselben unvollkommenen Farbenbilder von der Axe umgekehrt, wie die Anzahl der gebeugten Strahlen. 2) Bei verschiedenen Gittern und einer gleichen Anzahl Zwischenräume wachsen die Abstände derselben Farbilder von der Axe wie die Entfernungen der Mitte zweier Zwischenräume. 3) Die Abstände der einzelnen Farbenbilder von der Axe wachsen, wie die Glieder einer arithmetischen Reihe, deren Differenz dem ersten Gliede gleich ist. — Befindet sich das Gitter in verschiedenen brechenden Flüssigkeiten, so verhalten sich die Sinusse der Ablenkungswinkel gleichfarbiger Strahlen desselben Farbenbildes umgekehrt wie die Brechungsexponenten dieser Flüssigkeiten.

Digitized by Google

die schönsten Farbenerscheinungen. Hoffmann nennt dieses Instrument Chromadot (griech., Farbengeber.)

In neuerer Zeit hat Herschel merkwürdige Beobachtungen über Erscheinungen angestellt, welche durch Beugung des Lichtes stattfinden, wenn man mit einem stark vergrößernden Fernrohre, dessen Objectiv mit einer Blendung versehen ist, nach einem hellen Sterne sieht. Der Stern erscheint dann nämlich als eine kleine mit farbigen Ringen umgebene Scheibe. Je kleiner die Oeffnung der Blendung ist, desto größer erscheint die Scheibe und desto schwächer die Ringe. Wurde die Oeffnung sehr klein, so erschien endlich nur noch ein Ring, welcher schwach gefärbt war. Die Farben folgten in folgender Ordnung von dem Mittelpunkte der Scheibe an gerechnet auf einander: Weiß, sehr schwach roth, schwarz, sehr schwach blau, weiß, äußerst schwach roth, schwarz. Bei ringförmigen Oeffnungen erscheinen mehrere Systeme von Ringen um den Stern, die Größe der Scheibe und die Breite der Ringe nimmt zu, wenn die Breite der Oeffnung größer wird, aber die Anzahl der Ringe wird dadurch vermindert. Hat die Blendung mehrere ringförmige Oeffnungen, so sieht man die einzelnen Ringsysteme um so besser. Bei einer Oeffnung von der Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks sieht man den Stern sechsstrahlig, mit einer hellen runden Scheibe; durch drei runde Oeffnungen, deren Mittelpunkte in den Winkeln eines gleichseitigen Dreiecks liegen, erscheint das Bild aus einer runden Scheibe bestehend, die von sechs andern symmetrisch berührt wird, und aus einem Systeme schwacher, das Ganze umgebender Ringe.

Es sind jedoch alle die vorerwähnten Vorrichtungen nicht nöthig, wenn es nur darauf ankommt, überhaupt Erscheinungen der Beugung des Lichtes wahrzunehmen. Man bemerkt die Farbenerscheinungen, wenn man mit blinzendem Auge, also durch die Haare der Augenbraunen, oder durch den dünnen Theil des Bartes einer Vogelfeder oder durch enggewebtes Zeug oder durch ein mit Hexenmehl bestreutes Glas (entsprechend den Erscheinungen bei Gittern) auf einen nicht zu nahen stark beleuchteten Punkt sieht. Eben so wenn man durch die feinen Haare der Hüte, durch Spinnweben nach der Sonne blickt. Aus den Gesetzen der Beugung sind auch die Farbenringe zu erklären, welche man bei totalen Mondfinsternissen um den Mond wahrnimmt, ferner die dunklen Streifen, welche man zwischen den eng an einander geschlossenen gestreckten Fingern sieht. Des Farbenspieles bei reflectirtem Lichte auf den Bartonschen Knöpfen ist schon oben erwähnt worden.

Nach Brewster hat auch das Farbenspiel der Perlmutter in vielen feinen regelmäßigen Furchen auf der Oberfläche derselben ihren Grund, und man kann diese irisirende (von Iris Regenbogen) Eigenschaft andern weichen Substanzen mittheilen, z. B. Siegelack, arabischen Gummi, Stannifolium, selbst Blei, wenn man ein Plättchen Perlmutter darauf abdrückt. Auch das Farbenspiel der Flügeldecken einiger Insecten, das Schillern abgestandener Gläser, vieler Farbestoffe, z. B. des trocknen Waides haben ihren Grund in der Beugung des Lichtes.

Digitized by Google

Die Zurückführung der ganzen Erscheinung auf die Natur des Lichtes wird verständlicher im Artikel Licht gegeben werden können.

Bewegung ist der Ruhe entgegengesetzt. Ein Körper ruht, so lange er denselben Ort beibehält, und bewegt sich, so lange er seinen Ort verändert. Die Lehre von der Bewegung ist die Mechanik, welche einen Haupttheil der angewandten Mathematik ausmacht.

Zunächst ist zu unterscheiden zwischen scheinbarer Ruhe und wirklicher Ruhe, zwischen scheinbarer Bewegung und wirklicher Bewegung. Wenn wir z. B. in einem Wagen schnellfahren, so befinden wir uns in scheinbarer Ruhe, und die Gegenstände, an denen wir vorüberfahren, in scheinbarer Bewegung, denn wenn wir nicht wüßten, daß es sich in der That anders verhielte, so würden wir meinen, daß, während wir in Ruhe wären, die Bäume und Häuser an der Landstraße sich an den Fenstern des Wagens vorbeibewegten. Wir wissen jedoch, daß wir uns in wirklicher Bewegung, die Gegenstände außerhalb des Wagens aber in wirklicher Ruhe befinden. So auch befinden wir und die Erde uns in scheinbarer Ruhe, die Fixsterne aber in scheinbarer Bewegung um die Erde; Jahrtausende lang hat man diesen Schein für Wirklichkeit gehalten, jetzt aber wissen wir, daß wir und die Erde uns in wirklicher Bewegung, die Fixsterne aber in wirklicher Ruhe befinden. Lichtenberg pflegte zu sagen: man wisse nicht, ob eine Festung oder die nach ihr geschossene Kanonenkugel sich bewege. Denkt man sich eine Kanone genau in östlicher Richtung von einer Festung aufgestellt, und die Kugel aus ihr herausgeschossen, so kann man in der That sagen, daß die Erde sich sammt der Festung von Westen nach Osten bewege, die Kugel still stehe und die Festung ihr entgegengelaufen komme.

Es kann sich ein Körper in Bezug auf einen andern Körper bewegen, während er in Bezug auf einen dritten Körper ruht; dieß nennt man relative Bewegung und relative Ruhe. Ein Beispiel wird dieß deutlicher machen.

Ein Mann, der auf einem am Ufer hinfahrenden Schiffe mit derselben Geschwindigkeit, mit welcher das Schiff sich vorwärts bewegt, vom Vordertheile desselben nach dem Hintertheile geht, befindet sich in Bezug auf die Gegenstände des Schiffes in Bewegung, in Bezug aber auf die Gegenstände am Lande in Ruhe. Und wenn es möglich wäre, daß jemand in vier und zwanzig Stunden um die Erde herum ritte (wie in Bürger's Kaiser und Abt verlangt wird) so würde derselbe gegen die Erde allerdings in Bewegung, gegen die Sonne aber in Ruhe sein.

Von einem Körper, welcher sich in Bezug auf keinen andern Körper bewegte, würden wir sagen, daß er sich in absoluter Ruhe befände; es gibt aber in der That keinen in absoluter Ruhe befindlichen Körper. Wenn zwei Körper in relativer Ruhe zu einander sich befinden, aber dennoch beide zu einem dritten Körper in Bewegung sind, so sagt man, sie sind in gemeinschaftlicher Bewegung. So z. B. sind 2 Personen, die mit einander in demselben fortrollenden Wagen sitzen, in gemeinschaftlicher Bewegung.

Digitized by Google

An einem bewegten Körper unterscheidet man zunächst die Richtung seiner Bewegung. Bewegt sich ein Körper in einer geraden Linie fort, so sagt man, er bewege sich in einerlei Richtung, oder er habe eine geradlinige Bewegung. Von einem Körper, der bei seiner Bewegung eine krumme Linie beschreibt, sagt man, er ändere fortwährend seine Richtung, und nennt seine Bewegung eine krummlinige Bewegung.

Indem man die Länge des Weges, welchen ein Körper in einer bestimmten Zeit zurücklegt, berücksichtigt, kommt man zu dem Begriffe seiner Geschwindigkeit. Wenn ein Körper einen Weg zurücklegt, noch einmal so groß, als der Weg, welchen ein anderer Körper in derselben Zeit zurücklegt, so sagt man, der erste Körper bewege sich mit noch einmal so großer Geschwindigkeit als der zweite, oder die Geschwindigkeit des ersten Körpers verhalte sich zu der Geschwindigkeit des zweiten Körpers wie 2 zu 1. Wenn also z. B. gesagt wird, die Geschwindigkeit des Körpers A verhalte sich zu der Geschwindigkeit des Körpers B = 3 : 4; so heißt es nichts anderes als: während der Körper A 3 Theile Weges zurücklegt, legt der Körper B in eben der Zeit 4 gleich große Theile Weges zurück. Hieraus wird der Satz klar sein, daß bei gleichen Zeiten die Geschwindigkeiten sich verhalten wie die durchlaufenen Wege. Wenn dagegen die Wege gleich gesetzt werden, so verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Zeiten. Denn wenn z. B. ein Körper eine Meile in 2 Stunden zurücklegt, während ein anderer Körper eine Meile in 1 Stunde zurücklegt, so sagt man, der letzte Körper bewege sich mit noch einmal so großer Geschwindigkeit als der erste, oder die Geschwindigkeit des ersten verhalte sich zur Geschwindigkeit des zweiten = 1 : 2.

Ein Körper, welcher bei seiner Bewegung fortwährend dieselbe Geschwindigkeit beibehält, hat gleichförmige Bewegung; ein Körper dagegen, dessen Geschwindigkeit zunimmt oder abnimmt, hat ungleichförmige Bewegung. Nimmt die Geschwindigkeit ab, so heißt die Bewegung verzögert; nimmt die Geschwindigkeit zu, so heißt die Bewegung beschleunigt. Bei einer ungleichförmigen Bewegung bestimmt man die Geschwindigkeit so, daß man angibt, welch ein Strecke Weges in einer bestimmten Zeit der Körper zurücklegen würde, wenn er von einem bestimmten Augenblicke an sich mit der ihm in diesem Augenblicke eigenthümlichen Geschwindigkeit fortbewegte.

Die Ursache der Bewegung nennen wir Kraft und sagen, daß die Kraft, welche einen Körper mit einer Geschwindigkeit in Bewegung setzt, welche noch einmal so groß ist, als die Geschwindigkeit, mit welcher ein gleicher Körper von einer andern Kraft in Bewegung gesetzt wird, auch noch einmal so groß als diese zweite Kraft sei. Wir nehmen also an, daß bei gleichen zu bewegenden Körpern, oder bei demselben Körper, eine gleiche Kraft eine gleiche Geschwindigkeit zur Folge habe; für jede Aenderung der Geschwindigkeit muß also eine neue Kraft als wirksam angenommen werden. Eben so wird angenommen, daß eine Kraft dem Körper in seiner Bewegung eine bestimmte Richtung

Digitized by Google

gebe; für jede Aenderung der Richtung muß also eine neue Kraft als wirksam angenommen werden.

Gesetzt eine Kugel rollt von einer Kraft, die wir K nennen wollen, in Bewegung gesetzt mit solcher Geschwindigkeit fort, daß sie ein Stück Weges = a b (Fig. 77.) in jeder Sekunde zurücklegt, so kommt sie in 4 Sekunden bis a g; von dem Augenblicke wo sie in g ankommt verdoppelt sie aber ihre Geschwindigkeit, so daß sie nun in einer Sekunde ein Stück Weges g h = 2 a b zurücklegt. Wir werden sagen es sei in g eine neue Kraft K′ zu der ersten K hinzugekommen, und diese Kräfte zusammengenommen hätten von g an die Kugel in Bewegung gesetzt. — Oder bewegt sich eine Kugel, von einer gewissen Kraft K in Bewegung gesetzt, in der Richtung a b (Fig. 78.) fort, nimmt aber in dem Augenblicke, wo sie in b ankommt, die Richtung b c an, so nehmen wir an in b habe eine zweite Kraft K′ auf die Kugel gewirkt, welche sie aus ihrer früheren Richtung a b herausgestoßen habe.

Da nun ein Körper so lange ruht, bis eine Kraft ihn in Bewegung setzt; und wird er durch eine Kraft in Bewegung gesetzt, dadurch eine sich fortwährend gleichbleibende Geschwindigkeit erhält, bis eine andere Kraft dieselbe beschleunigt oder verzögert, so so sagt man: alle Körper beharren, so lange sie durch keine Kraft angegriffen werden, in der einmal angenommenen Ruhe oder Bewegung, und nennt dieses Gesetz das Gesetz der Trägheit. Diesem Gesetze scheint die Erfahrung zu widersprechen, indem jeder Körper, den wir durch irgend eine Kraft in Bewegung setzen, allmählig wieder zur Ruhe kommt. Wir bemerken aber auch bald, daß, je weniger Anstoß ein bewegter Körper findet, er desto länger seine Bewegung beibehält; man sagt, je geringer die Reibung ist, desto langsamer nimmt die Geschwindigkeit des bewegten Körpers ab. Die Reibung ist aber nichts anderes als eine fortgesetzte Reihe von Kräften, welche fortwährend auf den Körper wirken und zwar entgegengesetzt derjenigen Kraft, die zuerst dem Körper seine Geschwindigkeit mittheilte, und obgleich jede dieser Kräfte an sich geringer ist als jene erste Kraft; so sammeln sie sich doch eben nach dem Gesetze der Trägheit, in dem bewegten Körper und in dem Augenblicke, wo ihre Summe gleich wird der Kraft, welche den Körper anfänglich in Bewegung setzte, kommt der Körper zur Ruhe. Könnten wir einen Körper in Bewegung setzen und zugleich alle Reibung verhindern, so würde sich der Körper in die Unendlichkeit ohne Aufhören mit derselben anfänglichen Geschwindigkeit bewegen. Das Gesetz der Trägheit offenbart sich uns übrigens in hundert Erfahrungen, die wir täglich machen. Wenn man ohne die nöthige Vorsicht anzuwenden, von einem schnell fahrenden Wagen herabspringt, so wird man stets der Länge lang hinfallen, weil der Körper dem Gesetze der Trägheit gemäß noch theilweise die Bewegung des Wagens theilt. Ein Kunstreiter, der während sein Pferd fortgalloppirt, über eine vorgehaltene Stange springen will, muß, um über die Stange und wieder auf den Sattel seines Pferdes zu kommen, keinesweges nach vorn, sondern nur gerade in die Höhe springen, indem er nach dem Gesetze der Trägheit mit derselben Geschwindigkeit wie vorher auf dem Pferde ohne sein Zu-

Digitized by Google

thum vorwärts fliegt. Wenn man in einem Kahne steht und der Kahn unversehens durch einen festen Gegenstand in seiner Bewegung gehemmt wird, fällt man nach vorn hin, denn während die Beine mit dem Kahn stehen bleiben, setzt der Körper die angenommene Bewegung fort. Wenn man eine lose an ihren Stiel befestigte Axt schnell von oben nach unten bewegt, so daß das Ende des Stiels hart auf einen festen Körper aufstößt, fliegt die Axt nicht vom Stiele ab, sondern an ihm herunter, bis sie sich festklemmt. Der Grund ist: dem Gesetze der Trägheit gemäß bewegt sich die Axt fort in ihrer Richtung nach unten, die ihr mit dem Stiele ertheilt wurde, auch dann noch, wenn schon die Bewegung des Stiels durch den festen Körper gehemmt wurde. Das Gesetz der Trägheit ist es auch, aus dem es uns unmöglich ist, in einem sehr schnellen Laufe plötzlich anzuhalten; dieß ist namentlich der Fall, wenn man einen Berg hinunterlauft, indem wir hier durch Dagegenstemmen nicht eine Kraft, welche der ersten, die uns nun dem Gesetze der Trägheit gemäß vorwärts treibt, gleich ist, anbringen können.

Wirkt dieselbe Kraft nicht einmal, sondern immer aufs neue auf den Körper, so wird dadurch die Geschwindigkeit desselben fortwährend beschleunigt. Ein einmaliger Stoß, d. h. eine augenblicklich wirkende Kraft gibt dem Körper eine bestimmte Geschwindigkeit, derselbe Stoß noch einmal angebracht, verdoppelt die Geschwindigkeit u. s. w. Wirkt nun dieselbe Kraft fortwährend auf den Körper wie die Schwere beim Falle, so hat der Körper im zweiten Augenblicke des Falles schon die doppelte Geschwindigkeit, die er im ersten hatte. Die Geschwindigkeit wächst fortwährend, ist also eine beschleunigte Geschwindigkeit.

Kräfte, welche anhaltend wirken und daher eine beschleunigte Geschwindigkeit erzeugen, heißen beschleunigende Kräfte, so z. B. die Schwere.

Bei der Geschwindigkeit, welche dieselbe Kraft verschiedenen Körpern mittheilt, kommt in Betracht die Masse der verschiedenen Körper. Ein Körper von doppelt so großer Masse als ein anderer, erhält durch dieselbe Kraft nur eine halb so große Geschwindigkeit als der zweite Körper. Dieß als Gesetz ausgesprochen heißt: bei gleichen Kräften verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Massen.

Die angewandte Kraft wirkt zunächst nur auf denjenigen Theil eines Körpers, den sie unmittelbar trifft und pflanzt sich erst allmählig nach den übrigen Theilen des Körpers fort. Ist daher die angewandte Kraft stärker als der Zusammenhang der Theile des Körpers untereinander, so wird der Zusammenhang der Theile des Körpers zerrissen. Dies geschieht besonders, wenn eine stärkere Kraft auf einmal als Stoß gegen einem Körper von geringem Zusammenhange wirkt, dann wird nicht der ganze Körper fortbewegt, sondern es werden die unmittelbar betroffenen Theile vom Körper abgetrennt. Wenn man z. B. gegen eine dünne bewegliche Holzplatte eine Kugel schießt, so geht diese durch die Platte hindurch, reißt also die einzelnen getroffenen Theile aus ihrem Zusammenhange, während die ganze Platte unbewegt bleibt. Noch auffallender zeigen diese Erscheinungen folgende Versuche. Wenn man aus einer Menge metallener oder hölzerner Platten mit parallelen Flä-

Digitized by Google

chen eine Säule erbaut, und dann mit einem schneller. Schlage eine der Platten trifft, so fliegt dieselbe heraus ohne daß dadurch die Säule zusammenfällt; während doch, wenn man den Stoß langsam anbringt, der obere Theil der Säule mit der getroffenen Platte zugleich herabgerissen wird. Aehnlich ist folgender Versuch, wenn man auf ein Glas eine Karte und auf diese ein Stück Geld legt, sodann mit dem Finger gegen die Karte schnellt, so fliegt diese vom Glase, aber nicht zugleich das Geldstück, sondern dieses fällt in das Glas hinein. Der Stoß wirkt hier so schnell auf den getroffenen Theil, daß nicht Zeit genug vorhanden ist, um die Kraft den nebenliegenden Theilen mitzutheilen. Ebenso wenn man an zwei Haaren einen Pfeifenstiel aufhängt und dann einen schnellen Schlag gegen denselben führt, so springt der Pfeifenstiel an der getroffenen Stelle entzwei, während die Haare ganz bleiben.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung ist die, welche beim Sprengen der Steine durch Pulver stattfindet. Dieß geschieht nämlich, indem man mittelst des Meisels cylindrische Löcher so tief in die Steinmasse einbohrt, als die Größe der Stücke, die man absprengen will, erfordert. Hierauf füllt man dieselben mit Pulver, füllt oben darauf eine Lage kleine Steinstückchen, die man feststampft, zugleich aber eine mit Schießpulver gefüllte Röhre durch sie hindurch nach dem Bohrloche leitet. Nach Jessop braucht man aber auch nur bloßen Sand über das Pulver zu schütten. Entzündet man nun das Pulver, so sollte man doch erwarten, daß wie bei einer Flinte die Kugel so hier die kleinen Steinstückchen oder den Sand herausgeschleudern, keineswegs aber, daß die feste Steinmasse zerschmettert werden würde. Dennoch geschieht das Letztere, welches Brandes sehr richtig erklärt, indem er sagt: Es ist bekannt, daß selbst wenn die Kugel aus dem Schießgewehr hervorgetrieben wird, auch die Wände des Rohres einen Stoß leiden; da aber hier die Kugel als ein einziger fester Körper sogleich fortgeführt wird, so hat der Druck auf die Wände nicht Kraft und Dauer genug, um das Rohr oder den Stein zu sprengen; sind es dagegen einzelne Sandkörnchen, locker aufgeschüttet oder sind es Steinstückchen, die man zusammengestampft hat, so drängt sich die erste Schichte an die zweite, diese an die dritte, und so klein der Zeitverlust uns scheint, der dadurch bewirkt wird, so reicht doch diese Verlängerung der Einwirkung hin, um die Zersprengung des Steines zu Stande zu bringen, ehe der Sand herausgeworfen wird. Sehr merkwürdig ist noch folgender von Peluger mitgetheilte Fall. Er sagt nämlich, daß man in den Steinbrüchen von Solothurn sehr große Stücke abzusprengen pflege, daß aber da oft der unangenehme Umstand eintrete, daß der abgesprengte Block zu nahe an der Felsmasse liegen bleibe, um bequem fortgeschafft zu werden. In diesem Falle thut das Aufschütten von Sand besonders gute Dienste, wie er an folgendem Beispiele zeigt. Am 24. Septbr. 1825 wurde ein Bohrloch von $3\frac{1}{2}$ Zoll weit und $14\frac{1}{2}$ Fuß tief mit 18 Pfund Pulver, die 8 Fuß des Loches füllten, geladen, die übrigen $6\frac{1}{2}$ Fuß aber mit grobkörnigem Sande gefüllt. Die Explosion hatte einen sehr großen Felsblock abgetrennt, aber der Spalt war nur 2 Linien

Digitized by Google

weit, und man wünschte daher das Felsstück weiter zu entfernen. Zu diesem Zwecke füllte man das Bohrloch noch einmal mit 15 Pfund Pulver, die jetzt nur bis 2 Fuß hoch reichten, der ganze Spalt aber wurde mit lockerem Sande gefüllt, und nach abermaliger Entzündung war der ungeheuere Felsblock 14 Fuß hoch, 16 Fuß breit, 21 Fuß lang, etwa 720000 Pfunde schwer, 4 Fuß vom Felsen abgerückt.

Wenn man einen harten und einen weichen Körper an einander reibt, so wird der Regel nach der weiche Körper von dem harten angegriffen werden, es kann jedoch auch der umgekehrte Fall eintreten. Wenn man nämlich die Reibung so veranlaßt, daß sich dabei der weiche Körper sehr schnell bewegt, der harte aber nur langsam oder gar nicht. So wenn man nach Colladon einen harten Grabstichel gegen eine mit großer Geschwindigkeit gedrehte Scheibe von weichem Eisen hält, so wird der Grabstichel stark abgeschliffen, die weiche Eisenscheibe aber nur wenig geritzt. Je weniger geschwind die Drehung der Scheibe ist, desto weniger wird der Grabstichel und desto mehr das weiche Eisen angegriffen.

Es ist schon oben gesagt worden, daß jede Veränderung der Richtung eines bewegten Körpers die Annahme einer neuen auf ihn einwirkenden Kraft nöthig macht. Wirken zunächst zwei augenblickliche (momentane) Kräfte auf einen Körper, so wird er sich anfangs allein nach der Richtung fortbewegen, welche er durch den ersten Stoß erhielt; durch den zweiten Stoß wird er aber aus dieser Richtung herausgebracht werden, sobald er denselben erhält, und zwar wird er um so mehr von seiner ersten Richtung abweichen, je stärker der zweite Stoß war. Wirken zwei gleiche Kräfte einander gerade entgegen, so werden sie einander vollkommen aufheben und gar keine Bewegung erzeugen. Wirken hingegen zwei ungleiche Kräfte einander gerade entgegen, so wird der Körper durch eine Kraft in Bewegung gesetzt werden, welche gleich ist dem Unterschiede der beiden gegen einander wirkenden Kräfte und zwar wird er sich nach der Seite der geringeren jener beiden Kräfte hinbewegen. Wirken nun aber zwei einander gleiche, aber einander nicht entgegengesetzte Kräfte, z. B. befinde sich der zu bewegende Körper in B (Fig. 79.) er erhalte einen Stoß, welcher ihn in einer bestimmten Zeit, z. B. in einer Secunde von B bis C fortstoßen würde, wenn nicht mit diesem Stoße zugleich ein zweiter Stoß den Körper bei B träfe. Dieser zweite Stoß sei von der Art, daß er den Körper von B bis A in der Richtung BA und in der nämlichen Zeit (also etwa in einer Secunde) fortstoßen würde. Sind beide auf den Körper wirkende Kräfte gleich, so müssen die Stücke, um welche in der nämlichen Zeit jede von ihnen allein den Körper fortbewegen würde, einander gleich sein, also es muß AB = BC sein. In welcher Richtung wird sich nun der Körper bewegen? Er wird sowohl von der Richtung AB als von der Richtung BC abweichen; und da die diese Abweichung bewirkenden Kräfte gleich sind, so wird er von jeder jener beiden Richtungen gleich viel abweichen, d. h. er wird sich in einer Linie bewegen, welche den Winkel, den AB und BC mit einander machen, halbirt. Ziehen wir AG parallel mit BC nnd GC parallel mit AB, so erhalten wir

Digitized by Google

eine gleichseitige Raute (und wenn der Winkel ABC ein rechter, ein Quadrat). Die Diagonale BG dieser Raute halbirt bekanntlich den Winkel ABC und ist folglich diejenige Linie, in welcher sich der durch die beiden gleichen Kräfte in B getroffene Körper bewegen wird. Etwas schwieriger ist die Beantwortung der Frage: In welcher Linie wird sich ein Körper bewegen, auf den zwei Kräfte von verschiedener Stärke wirken. Gesetzt es wirke auf den Körper in B (Fig. 80.) eine Kraft, die ihn in Einer Secunde in der Richtung von B nach C um das Stück BC fortbewegen würde, wenn sie allein auf ihn wirkte; zugleich wirke aber auch eine Kraft auf den Körper in B die ihn in der Richtung von B nach E auch in Einer Secunde um das Stück BE fortstoßen würde, wenn sie allein wirkte. Es ist nun klar, daß der Körper von der Richtung BC abweichen werde, und zwar um so mehr, je stärker die andere auf ihn wirkende Kraft sein wird im Vergleich zu derjenigen Kraft die ihn nach BC treiben würde. Da ihn gar nichts bestimmt als die beiden auf ihn wirkenden Kräfte, so muß er sich in einer Richtung bewegen, deren Abweichung von der Richtung BC sich verhält zu der Abweichung von der Richtung BE wie die Stärke der Kraft, die ihn in Einer Secunde um BE treiben würde, zu der Stärke der Kraft, die ihn in Einer Secunde um BC treiben würde; und da sich bei gleichen Zeiten die Kräfte verhalten wie die zurückgelegten Wege, so muß sich die Abweichung der Richtung des durch beide Kräfte bewegten Körpers von BC verhalten zur Abweichung von BE = BE : BC. Ich behaupte nun diese Richtung sei die Diagonale AB des Parallelogramms EC, welches entstanden indem ich CA parallel BE und AE parallel BC gezogen habe. Der Beweis ist leicht. Die Größe der Abweichung der Linie BA von der Richtung BC gibt mir für jeden Punkt derselben die Senkrechte von diesem Punkte nach der Richtung BC, also AF, A′F′ u. s. w.; eben so geben die Senkrechten AD, A′D′ u. s. w. die Abweichungen der Richtung AB von der Richtung BE, es ist also nur zu beweisen daß AD : AF = BC : BE = A′D′ : A′F′ u. s. w. Es ist aber W. ADE = AFC = R; W. EBC = AED = ACF; also Dr. AFC ∽ ADE; folglich AD : AF = AE : AC = BC : BE, und da A′F′ parallel AF und A′D′ parallel AD ist, so verhält sich auch A′D′ : A′F′ = CB : BE, wo ich auch A′ in der Richtung BA annehmen mag.

Nennen wir der Kürze wegen die nach BC wirkende Kraft k und die nach BE treibende Kraft K; so stossen sie also bei ihrem gemeinschaftlichen Wirken den Körper in der Richtung BA fort; es fragt sich nun nur noch, wie viel Weges in Einer Secunde in dieser Richtung der Körper zurücklegen wird. Denken wir es wirke erst nur k auf den Körper, so käme er in einer Secunde bis C, wirkte nun, nachdem eine Aufhebung der Wirkung von k erfolgt wäre K auf den Körper, so ging er in einer zweiten Secunde bis A, (denn CA hat dieselbe Richtung, welche BE hat und ist = BE), beim Hintereinanderwirken von k und K käme also in 2 Secunden der Körper bis A, folglich wird er beim Zusammenwirken beider Kräfte in Einer Secunde bis A kommen, indem er sich in der Richtung BA bewegt.

Digitized by Google

Ganz dieselbe Wirkung nun, welche hier die zwei Kräfte K und k gemeinschaftlich auf den Körper in B ausüben; würde Eine Kraft K′ ausüben, wenn sie von der Art wäre, daß sie den Körper in Einer Secunde in der Richtung BA um das Stück BA fortbewegte. Wirkt aber eine solche Kraft k′ den beiden Kräften k und K in der Richtung AB entgegen, so würde durch dieselbe die Wirkung der Kräfte K und k gänzlich aufgehoben, es bliebe also der Körper gänzlich in Ruhe. Man sagt dann die Kraft k′ hält den Kräften K und k das Gleichgewicht. Jede zwei Kräfte kann man sich nach dem Vorigen in Eine Kraft zusammengenommen denken, und umgekehrt kann man sich auch jede einzelne Kraft in 2 andere zerlegt denken.

Man hat besondere Vorrichtungen ersonnen, um die Wirkung zweier auf einen Körper wirkender Kräfte zu versinnlichen. Zwei solche Maschinen sind von Nollet angegeben. Die eine (Fig. 81.) besteht aus zwei Hämmerchen a, a, welche an den in Charnieren drehbaren Ramen so gerichtet werden können, daß sie einen Winkel von 0° bis 180° mit einander bilden, und indem sie, in einen derselben gerichtet, aufgehoben und gleichzeitig losgelassen werden, gemeinschaftlich die Kugel m treffen, und diese, auf einem Billard liegend in der Diagonale ihrer gemeinschaftlichen Richtung fortstossen. Die andere (Fig. 82.) besteht aus einem Brete ABCD, an welchen in I ein Faden befestigt ist, an dessen anderem Ende das Gewicht m über die verschiebbare Rolle G herabhängt. Bewegt man die letztere von G nach I, so wird das Gewicht m nach der Richtung GF und GI gestossen, und bewegt sich also in der Richtung der Diagonale mp. Noch eine dritte ist die Diagonalmaschine von Eberhard (Fig. 83.). Dieselbe besteht aus einer Tafel mit einer Walze E, um welche ein Faden mit dem Gewichte m gewickelt ist. So wie diese auf dem Rande der Tafel sich hinwälzt, folgt das Gewicht theils dieser Bewegung, theils der Schwere in den Richtungen mb, ma, und gelangt somit nach p.

Doch nicht bloß 2 Kräfte können auf einen Körper wirken sondern beliebig viele, immer wird sich eine gerade Linie angeben lassen, in deren Richtung sich der durch den Einfluß sämmtlicher Kräfte bestimmte Körper bewegen wird; oder was dasselbe ist, es läßt sich angeben in welcher Richtung und mit welcher Größe Eine andere Kraft auf den Körper wirken müsse, um die Wirkung jener gemeinschaftlich wirkenden Kräfte allein hervorzubringen. Es sollen z. B. drei Kräfte K, K′ und K″ auf einen Körper in A (Fig. 84.) wirken, und zwar mit einer Grösse jeder einzelnen Kraft, daß K den Körper um AB, K′ um AC und K″ um AD in einer gewissen Zeiteinheit fortbewegen würde. So wissen wir aus dem Vorigen die Kräfte K und K′ gemeinschaftlich wirkend, lassen sich ersetzen durch eine Kraft K‴, welche den Körper um AE in derselben Zeiteinheit fortbewegen würde, die Kraft K‴ und K″ aber lassen sich wiederum ersetzen durch eine Kraft K⁗ welche den Körper um AF fortbewegen würde, oder was dasselbe ist, wenn die Kräfte K, K′ und K‴ auf einen Körper in A gleichzeitig wirken, so bewegen sie ihn um AF fort. Die Kraft K⁗ heißt die aus K, K′ und K″ zusammengesetzte Kraft. Es ist nun klar, daß man beim umge-

Digitized by Google

kehrten Verfahren auch jede einzelne Kraft in eine beliebige Zahl von Kräften zerlegen könne.

Die Zusammensetzung mehrerer Kräfte wird veranschaulicht durch die s'Gravesande'sche Maschine (Fig. 85.). Auf dem horizontalen, auf einem Gestelle ruhenden Rahmen MNPQ sind willkürlich viele Rollen angebracht, über welche die ungleichen Gewichte p, p', p'', p''' an Schnüren herabhängen, welche sich sämmtlich im Punkte m vereinigen, und als Kräfte gedacht diesen angreifen. Kennt man die Gewichte, und die Winkel, welche die Schnüre mit einander machen, so läßt sich der Ort angeben, welchen der Punkt m einnehmen wird.

Eine Menge von Erfahrungen, die man im gemeinen Leben macht, werden durch dieß Parallelogramm der Kräfte aufgeklärt. Will man z. B. über einen Strom gerade hinweg schwimmen und arbeitet deswegen mit seinem Körper ganz in der Richtung nach dem gerade gegenüberliegenden Punkte am jenseitigen Ufer zu, so wird man dennoch ein großes Stück unterhalb dieses Punktes an's jenseitige Ufer gelangen, weil man nothwendig in der Diagonale der Richtung, welche man sich selbst gibt und der Richtung der Strömung schwimmen mußte. Noch deutlicher zeigt sich das Parallelogramm der Kräfte in der Natur bei einem Schiffe, in dessen Segel der Wind in einer Richtung bläst, die mit der des Stromes, auf welchem das Schiff sich befindet, einen Winkel macht. Das Schiff wird weder in der Richtung des Stromes sich fortbewegen, noch in der Richtung des Windes, sondern in der Richtung der Diagonale, wenn man in angegebener Weise das Parallelogramm der Kräfte construirt.

Hieraus ist im Allgemeinen die geradlinige Bewegung in einer Ebene, wie dieselbe durch eine oder mehrere Kräfte hervorgebracht wird, erklärt, und zwar auf mathematische Weise. Auf gleiche Weise kann auch die krummlinige Bewegung auf einer Ebene und die Bewegung im Raume mathematisch betrachtet werden, doch erfordert diese Betrachtung mehr mathematische Vorkenntnisse als wir bei Anfertigung dieses Werkes voraussetzen wollen. Wie bei einer kreisförmigen Bewegung 2 Kräfte in Thätigkeit sind, lehrt ein einfacher Versuch. Befestigt man an einen Faden eine Kugel, und wirft diese sodann mit der Hand, so würde die Kugel, wäre sie nicht angebunden, in der Richtung, welche man ihr durch den Wurf mittheilte fortgehen, da aber dadurch, daß sie angebunden ist, eine zweite Kraft auf sie wirkt, so beschreibt sie durch diese zwei auf sie wirkenden Kräfte eine krumme Linie, welche in diesem Falle ein Kreis ist. So schreibt auch jeder geworfene, geschleuderte oder geschossene Körper eine krumme Linie, weil zwei Kräfte auf ihn wirken, nämlich erstens die, welche ihn fortstieß, und zweitens die Schwere, welche ihn zur Erde niederzieht.

Ueber verschiedene Arten der Bewegung ist in den gehörigen Artikeln die Rede.

Blei ist ein schon in den ältesten Zeiten bekanntes Metall, welches zwar sehr häufig, aber selten gediegen vorkommt. Es wird im

Digitized by Google

Großen gewonnen, indem natürliches kohlensaures Bleioxyd oder Glätte in einen Schacht- oder Flamm-Ofen in Berührung mit Kohle und gewöhnlich mit Zusatz von Kalk geschmolzen wird; oder man röstet den Bleiglanz und schmilzt ihn sodann mit Kohle und Kalk; oder man schmilzt denselben mit Eisen oder einem Eisenerze. Das reine Blei ist von bläulich grauer Farbe, stark glänzend, weich, schneidbar, färbt stark ab und krystallisirt beim langsamen Erkalten in vierseitigen Pyramiden. Es ist ziemlich dehnbar, indem es sich in dünne Platten schlagen, aber nicht in feinen Draht ziehen läßt, hat wenig metallischen Klang und knirscht nicht wie das Zinn beim Biegen. Sein specifisches Gewicht ist 11,35 bis 11,44. Es schmilzt bei ungefähr 250° R. und ist nur in starker Glühitze flüchtig. Man bedient sich des Bleies sehr häufig im gemeinen Leben zu Kugeln, Schrot, Röhren bei Wasserleitungen, zum Dachdecken u. s. w. Bei der Anwendung des Bleies zu Geschirren muß man sehr vorsichtig sein, da sich dasselbe sehr leicht oxydirt, die Oxyde desselben aber giftig sind. Schon an der Luft, bei gewöhnlicher Temperatur überzieht sich das Blei bald mit einer grauen Haut; wenn man es unter Zutritt der Luft schmilzt, verwandelt sich dasselbe in ein graues Pulver, Bleiasche genannt, und dieses bei fortgesetzter Erhitzung an der Luft in gelbes Bleioxyd.

Das gelbe Bleioxyd (Bleikalk, Massikot) verwandelt sich, wenn die Hitze bis zum Schmelzen des Oxyds vermehrt wird, in halbverglastes Bleioxyd (Glätte, Silberglätte, Goldglätte). Man gewinnt dasselbe als Nebenprodukt im Großen beim Abtreiben des silber- oder goldhaltigen Bleies. Bei starker Hitze schmilzt das Bleioxyd zu einem beim Erkalten durchsichtigen Glase, (Bleiglas). Das Massikot ist ein gelbes geschmackloses Pulver, das beim Reiben roth und beim Erhitzen vorübergehend braunlichroth wird. Die Glätte ist eine röthliche oder gelblich-weiße, glänzende schuppige, leicht zerreibliche Masse. Das Bleiglas ist ein gelbes oder feuerrothes, durchsichtiges schweres Glas.

Das Bleioxyd bildet mit Säuren Bleioxydsalze, welche farblos und giftig sind. Als Gegengifte wirken Magnesia, Natron und schwefelsaures Kali.

Das Bleihyperoxydul (rothes Bleioxyd, Mennige) gewinnt man beim langsamen anhaltenden gelinden Erhitzen und beim langsamen Abkühlen des glühenden gelben Bleioxyds unter Luftzutritt. So wird es im Großen in den Mennigbrennereien bereitet. Es ist die Mennige ein scharlachrothes, sehr schweres Pulver, das, wenn es erhitzt wird, vorübergehend dunkler wird, geschmacklos und im Wasser nicht löslich ist. Man bedient sich derselben als Farbe, zu Glasuren u. s. w.

Ein noch höheres Oxyd des Bleies ist das Bleihyperoxyd oder braunrothe Bleioxyd, welches schon durch das Sonnenlicht in Mennige und Sauerstoffgas zerlegt wird.— Wichtigere Verbindungen des Bleies sind noch das Schwefelblei, welches sich natürlich als Bleiglanz findet.— Das kohlensaure Bleioxyd kommt natürlich (als Bleispath) in meistens weißen diamantglänzenden Krystallen vor; das künst-

Digitized by Google

liche ist ein schneeweißes, geschmackloses und im Wasser unlösliches Pulver. — Sehr häufig wird das Blei mit Zinn zusammengeschmolzen. So geben 2 Theile Blei mit 1 Theil Zinn oder gleiche Theile Blei und Zinn das Schnellloth der Blechner. Auch das Zinn, welches man zu Geschirren nimmt, wird mit Blei vermischt, wodurch leicht die Geschirre der Gesundheit nachtheilig werden können.

Blendung ist eine undurchsichtige (gewöhnlich schwarze) Bedeckung von Pappe, Holz oder Blech, mit einer Oeffnung (lat. Appertur) in der Mitte, welche man Gläsern zu geben pflegt, um die weiter gegen den Rand auffallenden Strahlen abzuhalten, weil nur die nahe bei der Axe einfallenden Strahlen sich gut im Brennpunkte vereinigen.

Blitz, Wetterstrahl ist ein elektrischer Funke, ganz von derselben Art, wie der Funke, welcher sich zeigt, wenn man gegen den Conductor einer Elektrisirmaschine eine Metallkugel oder einen Knöchel der Hand nähert; nur daß der Blitz eine bei weitem großartigere Erscheinung ist und zwischen zwei Wolken oder einer Wolke und der Erde überspringt. Erst seit Franklin weiß man mit Gewißheit, d. h. als eine durch Versuche und Beobachtungen bestätigte Thatsache, daß der Blitz ein gewaltiger elektrischer Funke sei. Schon vor Franklin hatten indeß Wall, Gray und noch mehr Nollet, besonders auch Winkler die Aehnlichkeit, welche zwischen den Erscheinungen und Wirkungen des elektrischen Funkens mit denen des Blitzes stattfindet, hervorgehoben und daraus auf die Elektricität als gemeinschaftliche Ursache beider, des Blitzes und des elektrischen Funkens, geschlossen. Die ältere Ansicht vom Blitze war, daß er eine Entzündung brennbarer Dünste in der Luft sei, welche Dünste etwa aus Salzen oder Schwefel bestehen sollten, so daß eine ähnliche Explosion wie beim Schießpulver stattfinden sollte. Benjamin Franklin in Philadelphia gab zuerst ein Mittel an, zu untersuchen, ob der Blitz ein elektrischer Funken sei. Er hatte nämlich beobachtet, daß spitzige Körper die Electricität mehr und in größerer Entfernung anzögen als stumpfe. Er rieth deshalb auf einem hohen Thurme oder an einem anderen hochgelegenen Orte ein Häuschen zu errichten, woraus sich ein spitziger Eisendraht durch einen Harzkuchen isolirt erhebe. Wenn nun darüber Gewitterwolken hinzögen, so müßten sie, meinte Franklin, dem Eisendrahte einen Theil ihrer Elektricität mittheilen, welche sobald man einen Schlüssel, einen Knöchel oder andere Leiter der Elektricität in die Nähe brächte, durch Funken wahrgenommen werden könnte. Daß übrigens der Blitz und der elektrische Funke von derselben Natur wären, dafür sprachen auch schon folgende Betrachtungen: beide laufen in geschlängelten Wegen, treffen hohe und spitzig hervorragende Gegenstände am leichtesten, ergreifen die besten Leiter der Elektricität, Metalle, Wasser und feuchte Körper mit Vermeidung der Nichtleiter (so daß z. B. ein in ein Haus einschlagender Blitz an einem Klingeldrahte hinfährt, ohne die in der

Nähe befindlichen, schlechter die Elektricität leitenden, Gegenstände zu verletzen), sengen und zünden, schmelzen Metalle, durchlöchern feste Körper, machen Menschen und Thiere blind, zerstören das thierische Leben, nehmen dem Magnete seine Kraft, oder kehren seine Pole um (so daß aus dem Nordpol der Südpol und aus dem Südpol der Nordpol wird), und machen Eisen magnetisch. Franklin selbst war durch Umstände verhindert, sogleich die von ihm vorgeschlagene Vorrichtung den Blitz auf die Erde zu ziehen, in Anwendung zu bringen. Zuerst brachten sie Dalibart und Delor 1752 in Anwendung. Jener befestigte eine 40 Fuß hohe eiserne Stange mit seidenen Schnüren an Pfählen und sicherte ihren Fuß gegen den Regen. Aus dieser erhielt man bei einem Gewitter am 10. Mai Funken, die man als elektrische erkannte. Delor erhielt aus einer von ihm aufgerichteten 99 Fuß hohen Stange acht Tage darauf, als eine Gewitterwolke, ohne zu blitzen, vorüberzog, ebenfalls Funken. Noch in demselben Jahre wurden in Frankreich und England eine größere Anzahl von Versuchen angestellt, welche alle Franklins Ansicht bestätigten und Canton entdeckte schon, daß einige Gewitterwolken positiv, andere negativ elektrisch wären.

Indeß stellte Franklin 1752 mit einem elektrischen Drachen (s. d. Artikel) welcher aus zwei kreuzweise über einander gelegten Stäben und einem darüber gespannten seidenen Schnupftuche bestand, eine eiserne Spitze hatte, und an einer hanfenen Schnur gehalten wurde, Versuche an. Im Juny desselben Jahres erhielt er, als eine Gewitterwolke vorüberzog, aus einem an die Schnur befestigten Schlüssel Funken, besonders nach dem die Schnur naß und dadurch ein besserer Leiter der Elektricität geworden war. Im September desselben Jahres errichtete er nun eine isolirte eiserne Stange, um den Blitz in sein Haus zu leiten, und befestigte an dieselbe zwei Glöckchen nach Art eines elektrischen Glockenspiels (s. d. Art.) welche ihm durch ihr Läuten benachrichtigten, wann die Stange elektrisch sei. Hiermit bemerkte er nun, daß einige Wolken negativ elektrisch selen, andere positiv, daß Uebergänge von einer Elektricität in die andere stattfänden, und daß auch außer den Zeiten eines Gewitters die Atmosphäre elektrische Erscheinungen zeige. Die Versuche mit dem Drachen wurden von de Romas wiederholt, der einen Drachen ungefähr 550 Fuß hoch steigen ließ. Er bediente sich einer mit Metalldraht durchwirkten Schnur, die er an einer seidenen Schnur hielt, um die Wirkungen der Elektricität nicht auf sich selbst herabzuziehen; die leitende Schnur endigte sich in einen Blechcylinder, welcher 3 Fuß von der Erde entfernt war und dennoch Strohhalme von der Erde anzog und endlich drei laut knallende Funken gegen die Erde gab. Später erfand de Romas einen Auslader, welcher aus einer blechernen Röhre bestand, die an einen mehrere Fuß langen gläsernen Griff befestigt war. Von der blechernen Röhre hing eine metallne Kette bis auf den Erdboden hinab. Hierdurch wurde der Funke, welcher bei der Entladung übersprang, sogleich in die Erde geleitet und der gläserne Griff isolirte den Beobachter, wenn er den Auslader dem Conductor an der Schnur des

Digitized by Google

Drachen näherte, vollkommen. De Romas erhielt später durch seinen Drachen Funken, die gegen 10 Fuß lang und 1 Zoll dick waren, mit einem Knalle gleich einem Pistolenschusse.

Auf eine ganz überzeugende, aber schauderhafte Weise wurde die Thatsache, daß der Blitz vom Himmel gezogen werden könne, dadurch bewiesen, daß am 6ten August 1753 Richmann zu Petersburg durch einen absichtlich in sein Zimmer geleiteten Blitz getödtet wurde. Er hatte am Dache seines Hauses eine eiserne Stange aufgerichtet und metallne Drähte, die bis in sein Zimmer gingen, damit in Verbindung gebracht. Das Ende derselben war hier durch einen gläsernen, zum Theil mit Messingspähnen angefüllten Becher isolirt, um die Elektricität daselbst anzuhäufen. Zugleich befand sich hier ein Elektricitätszeiger. Am vorerwähnten Tage stieg um die Mittagsstunde ein Gewitter auf. Richmann stellte während desselben, in Gesellschaft des akademischen Kupferstechers Sokolow, Beobachtungen an seiner Vorrichtung an und mußte sich dabei öfters niederbücken. Unglücklicherweise kam er das eine Mal dem Ende des Metalldrahtes mit seinem Kopfe so nahe, daß er nur noch einen Fuß ungefähr davon entfernt war. In diesem Augenblicke fuhr ein Blitzstrahl in Gestalt eines weißlich blauen Feuerballs, etwa eine Faust groß, aus dem Drahte nach seinem Kopfe, und warf ihn, ohne daß er einen Laut von sich gegeben hätte, rückwärts todt zu Boden. Auch Sokolow fiel betäubt darnieder. Dieser Blitzstrahl war von einem heftigen Knalle begleitet und ließ einen starken nach Schwefel riechenden Dampf zurück. Bei der Besichtigung Richmanns fand man am oberen Theile der Stirn nach der linken Seite zu, einen länglich runden, mit Blut unterlaufenen Fleck, und am Leibe, vorzüglich auf der linken Seite, vom Halse an bis an das Hüftbein, acht andere rothe und blaue Flecke von verschiedener Größe. Außerdem zeigten sich noch eine Menge kleiner Flecke auf die Art, wie wenn Jemand durch entzündetes Schießpulver beschädigt worden ist. Am linken Fuße war der Schuh aufgerissen, ohne daß man indeß eine Versengung wahrnehmen konnte, nur am bloßen Fuße sah man einen mit Blut unterlaufenen Fleck. Bei der Zergliederung fand man in der Luftröhre, in der Lunge, so wie in der Einfassung der Gekrösdrüse, viel ausgetretenes Blut und die letzte zeigte sich gequetscht. Nach zweimal 24 Stunden fing der Körper an in völlige Fäulniß überzugehen. Man untersuchte nun auch den Weg, den der Blitz genommen hatte, und fand die Pfoste von der offen gestandenen Thüre von oben herunter halb gespalten. Auch der gläserne Becher und der Draht waren zerschmettert und glühende Stücke des Drahtes hatten in Sokolow's Kleider Striemen eingesengt.

Hiernach ist der Blitz nichts anderes als die Entladung einer elektrischen Wolke gegen die Erde oder gegen eine andere Wolke, nachdem die elektrische Spannung in der Wolke zu groß geworden ist. Ueber die Erzeugung und Anhäufung der Elektricität in der Atmosphäre, s. d. Art. Gewitter. Ob eine Wolke negativ elektrisch oder positiv elektrisch sei, hat, wie Pfaff bemerkt, auf die Erscheinung und Wirkung des Blitzes keinen Einfluß. Dasselbe ist der Fall beim elektrischen

Digitized by Google

Funken, wie folgender Versuch darthut. Man belege 2 ebene runde Bretchen mit Zinnfolie und befestige das eine dieser Bretchen in wagerechter Lage auf einen nach der Erde reichenden Fuß, das andere Bretchen hänge man horizontal über das erste an seidenen Fäden auf, diese Fäden kann man oben an dem Arme eines Hebels befestigen, so daß vermittelst desselben das obere Bretchen dem unteren beliebig genähert und von demselben entfernt werden kann. Wenn man nun das obere Bretchen mit einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisirmaschine in Verbindung bringt und dem unteren Bretchen nähert, so wird in diesem alsbald Elektricität erzeugt, welche der im oberen Bretchen entgegengesetzt ist; sobald man beide Bretchen zugleich berührt, so entladen sie sich mit einem elektrischen Schlage. Bringt man aber die beiden Breter, während das obere stark elektrisirt ist, einander sehr nahe, so springt der Funken durch die Luft zwischen beiden Bretchen über. Vor der Entladung durch den Schlag ziehen die Bretchen einander stark an, bei der Entladung selbst aber stoßen sie einander ab. Dieß bemerkt man besonders, wenn man die beiden Bretchen nicht in horizontaler Lage, sondern in verticaler einander gegenüber hängt. Wenn sich in der Mitte eines dieser Bretchen ein kleiner hervorragender Körper befindet, so springt der Funke stets auf diesen über. Endet aber dieser hervorragende Körper in eine scharfe Spitze, so kann weder eine Ladung noch ein Schlag hervorgebracht werden. Was hier zwischen beiden Bretchen geschieht, geschieht im größeren zwischen der Gewitterwolke und der Erde oder einer andern Wolke. Sobald sich eine stark elektrische Gewitterwolke der Erde nähert, so erzeugt sich alsbald in der Erde die Elektricität, welche der der Gewitterwolke entgegengesetzt ist, und der Funke, (Blitz) schlägt endlich zwischen beiden über. Befindet sich auf der Erde in der Gegend, über welcher das Gewitter steht, ein hervorragender Körper, so wird der Blitz in diesen überfahren. Ist das Gewitter der Erde sehr nahe, so geschieht die Entladung an den hervorragenden Spitzen der Gegenstände ohne Schlag und ist nur bemerklich durch an allen Spitzen erscheinende leuchtende Flämmchen.

Es ist zwar von mehreren Physikern behauptet worden, daß der Blitz nur von der Gewitterwolke nach der Erde fahre, nicht aber eben so von dieser nach jener; allein die Betrachtung des Wesens des elektrischen Funkens sowohl als eine große Anzahl von Erfahrungen sprechen dafür, daß der Blitz sowohl aus der Wolke herab als von der Erde herauf fahre. Beide Elektricitäten kommen, um sich zu vereinigen, einander entgegen. Wenn man in die Nähe des positiven Leiters bei einer Elektrisirmaschine eine mit dem Erdboden in Verbindung stehende, also negative Kugel bringt, so sieht man bei passender Entfernung aus jedem der beiden Körper kleine Lichtbüschel hervorfahren, welche sich bei größerer Annäherung zu einem Funken verbinden. Uebrigens ist es leicht sich über die Richtung des Funkens zu täuschen, wie eine Erfahrung Priestley's bestätigt. Dieser ließ zwischen einer messingenen Kugel und einem großen kupfernen elektrisirten Leiter Funken überspringen; mochte nun dieser Leiter positiv oder negativ electrisirt sein, es kam ihm stets so vor, als wenn der Funke von der Kugel nach

Digitized by Google

dem Leiter sprünge, sobald die Kugel sich über dem Leiter befand, dagegen schien ein Ueberspringen von dem Leiter zu der Kugel statt zu finden, wenn letztere sich unter jenem befand. Stets also schien der Funke von dem oberen Körper auszugehen. Dieselbe Sinnentäuschung findet statt beim Gewitter, wie es gewöhnlich beobachtet zu werden pflegt, die Gewitterwolke mag positiv oder negativ elektrisch sein, es scheint der Strahl gewöhnlich von der oberen Wolke nach der unteren Erde zu fahren. Sollte der Strahl nur von dem positiv elektrischen Körper ausgehen, so müßte bei negativ elektrischen Gewitterwolken der Blitz von der Erde in die Wolke fahren. Schon Maffei hat behauptet, daß der Blitz eben so von der Erde empor wie von der Wolke herabfahre. Dieß bestätigt eine Beobachtung des Consistorialrath Koch; er erzählt: „Auf einer Harzreise, die ich schon im J. 1787 mit einigen Freunden machte, hörten wir von Süden her einen Donner, und sahen, als wir bald darauf an einen freien Platz kamen, eine einzelne große schwarze Wolke in gleicher Höhe mit unserem Standpunkte, ihre Richtung gerade auf uns zu nehmen. In dem Augenblicke wo sie uns erreichte, sahen wir uns von einem dichten Nebel umfangen, der von einem zwar feinen aber durchdringenden Regen begleitet war. Die Wolke verfolgte ihren Weg nach Wernigerode. Als sie uns fern genug zu sein schien, standen wir, sie betrachtend, still. Wir hörten wieder Donner und sahen nun, daß so oft ein Blitz zur Erde fuhr, ein dem Anscheine nach gleich starker Blitz in die Luft hinaufschlug, und eben so, wenn er in eine Seitenwolke überfuhr, ein gleicher auf gerade entgegengesetzter Seite zum Vorschein kam, so daß also jeder Blitz ein doppelter war. Die Gewißheit dieser von mir und meinen Begleitern zugleich gemachten Wahrnehmung kann ich verbürgen."

Was nun weiter die Gestalt des Blitzes betrifft, so ist häufig bemerkt worden, daß der ganze Feuerstrahl in einer Feuerkugel endigte; so erschien Sokolow, wie oben erwähnt worden, der Blitz, welcher Richmann tödtete. Eben so erzählt Schiebler, daß er bei einem Gewitter zwei Blitze beobachtet habe, welche in einen armsdicken Feuerstrom ausliefen, an dessen Ende man eine noch höher glühende Feuerkugel bemerkte. Auch Kämtz hat bei einem Gewitter mehrere helle Blitze, die sich in Feuerkugeln endigten, bemerkt. So kann man auf die Vermuthung kommen, daß der Blitz ein Feuerballen sei, der bei seiner schnellen Bewegung durch die Luft den von ihm genommenen Weg als eine leuchtende Linie erscheinen läßt. So wie man ja auch, wenn man mit einem glühenden Spane schnell durch die Luft fährt, einen Feuerstreif sieht.

Ueber die Geschwindigkeit des Blitzes läßt sich bis jetzt noch nichts Bestimmtes sagen. Helwig gibt dieselbe nach Beobachtungen, denen man indeß kein großes Zutrauen schenken kann, auf 40000 bis 50000 Fuß in der Secunde an.

Was aber die Bewegung des Blitzes im Zickzack anbetrifft, so hat man auf mehr als eine Art sie zu erklären versucht. Parrot meint, man müsse sich die Atmosphäre als aus abwechselnden, mehr

Digitized by Google

und minder feuchten kleineren und größeren Massen bestehend denken, der Blitz gehe nun bei seiner Bewegung den feuchten als den besseren Leitern nach. Diese Erklärung erscheint darum nicht genügend, weil auch der gewöhnliche elektrische Funken sich im Zickzack bewegt, aber nicht füglich in der ruhigen, gleichmäßig erwärmten Zimmerluft, in welcher der elektrische Funke überspringt, ähnliche abwechselnd trockne und feuchte Schichten angenommen werden können. Passender scheint daher Helwigs Erklärung. Dieser meint nämlich, indem der Blitz die Luft in seiner anfänglich geradlinigen Bewegung vor sich her treibt, werde diese endlich so weit zusammengepreßt, daß die Gewalt des Blitzes sie nicht weiter zusammenpressen könne, der Blitz springe daher ab, und indem sich dieses öfters wiederhole, nehme sein Weg die zickzackige Gestalt an. Indeß fährt der Blitz nicht jedes Mal im Zickzack herab, sondern zuweilen auch in gerader Linie, wie öfters bemerkt worden ist, und welches dann stattfinden wird, wenn die Entfernung der Gewitterwolke von dem Gegenstande nach welchem sie sich entladet, sehr gering, oder die Entladung sehr stark ist. Der elektrische Funke theilt sich öfters in mehrere Aeste, besonders dann, wenn er gegen eine Ebene oder eine Kugel von großem Durchmesser springt. Aehnliches geschieht auch zuweilen beim Blitze und der Grund ist wahrscheinlich ein ähnlicher, nämlich großer Widerstand der zusammengepreßten Luft, auf welche der Blitz senkrecht herabfährt. Kämtz hat öfters eine Theilung in zwei Aeste, selten in drei bemerkt und Muncke sah einen anscheinend senkrecht herabgehenden über 200 Fuß langen Blitzstrahl in lauter kleine Kügelchen sich auflösen. Gehler meint, daß im Blitze eine innere wirbelnde Bewegung vorgehe, wonach er sich um cylindrische Körper, die er der Länge nach treffe, schraubenförmig herumbewege. Dieses wird bestätigt durch eine Erscheinung welche Yelin mittheilt, wo nämlich um die einzelnen Drähte eines Blitzableiters, der aus einem aus Messingdrähten gewundenen Seile bestand, und der von einem Blitzstrahle getroffen und zerrissen worden war, die ringsumher gehenden Brüche eine schraubenförmige Folge zeigten, auch die Aufsaugespitze an ihrem äußersten Ende geschmolzen und in ihrem übrigen Fortgange schraubenförmig gekrümmt war.

Der Blitz fährt im Allgemeinen nach dem nächsten Körper, zieht aber dabei die besseren Leiter der Elektricität den schlechteren vor.

Je größer die elektrische Spannung ist, desto größer wird auch die Schlagweite desselben sein. Die elektrische Spannung scheint aber von der Größe und Schnelligkeit des Niederschlages abzuhängen, weßwegen wir auch meistens den Blitz aus dem dichtesten Theile der Wolke herabfahren sehen, und wo die stärksten Regengüsse sich ergießen. Sehr begünstigt wird das Herabfahren des Blitzes durch leitende Gegenstände, welche sich zwischen der Gewitterwolke und der Erde befinden, also namentlich, wenn sich tiefere Wolken unter der Gewitterwolke bewegen, oder wenn die Luft zwischen der Gewitterwolke und der Erde mit Feuchtigkeiten geschwängert ist. Eine zwischenliegende Wolke kann auch selbst elektrisch werden, und dann Blitze entsenden. Auf der Erdoberfläche trifft der Blitz besonders hoch hervorragende Gegenstände, doch ist auch

Digitized by Google

die Gestalt der Gegenstände von Einfluß, so wie die mehr oder weniger guten Leiter, welche der Blitz antrifft. So ist es zu erklären, wenn zuweilen niedrigere Gegenstände, welche sich in der Nähe von höher emporragenden befinden, getroffen werden. Deswegen schlägt auch der Blitz häufig in rauchende Schornsteine ein, und, namentlich wenn er gezündet hat, wiederholt in die nämliche Gegend, weil da ein heißer gut leitender Luftstrom in die Höhe steigt. Daß der Blitz, wie in alter und neuer Zeit behauptet worden, in manche Bäume nie einschlage, ist nach der jetzigen Kenntniß vom Wesen des Blitzes zu bezweifeln, und wenn es wirklich der Fall wäre, so müßte der Grund in einer besonderen Beschaffenheit dieser Bäume, oder in ihrer Nähe befindlicher Ableiter der Elektricität gesucht werden. Ueber Gegenden, in denen sich keine hervorragenden Gegenstände befinden, und daher der Ausbruch der Elektricität länger zurückgehalten wird, die Ladung der Gewitterwolke also um so stärker wird, sind die Schläge, wenn sie endlich erfolgen, besonders heftig, so z. B. auf dem Meere und auf dem freien Felde.

Die besten Leiter der Elektricität werden vorzüglich von dem Blitz aufgesucht. Im Allgemeinen fährt der Blitz lieber an festen Körpern hin als durch die Luft, und ist er daher einmal durch die Luft auf einen festen Gegenstand gekommen, so wird er nur dann auf seinem Wege bis zur Oberfläche der Erde denselben verlassen und durch die Luft auf einen andern festen Körper überspringen, wenn dieser als ein besserer Leiter ihn anzieht. Metalle sind die besten Leiter wie aller Elektricität so auch des Blitzes, daher springt er von andern Körpern auf diese über, und geht, so weit sie reichen, an ihnen fort. Besonders leicht trifft der Blitz metallene Knöpfe und Dächer auf Thürmen und Gebäuden. Bieten sich dem Blitz auf seinem Wege mehrere gleich gute Leiter der Elektricität dar, so theilt sich zuweilen der Blitz und geht auf beiden zugleich fort. Eine Theilung des Blitzes findet auch statt, wenn die Leitung im Verhältniß zu der Größe des Blitzes nicht zureichend ist und andere Metallstrecken in der Nähe erreicht werden können. So erzählt Yelin, daß am 30. April 1822 der Blitz auf dem Kirchthurme zu Roßstall in Baiern einschlug, an dem aus zu dünnen und zu wenigen Messingdrähten geflochtenen Ableitungsseile keine hinreichende Fortleitung fand, und daher am Zifferblatte, wo durch das viele Eisen des innern Uhrwerks eine starke Anlockung nach innen stattfand, sich theilte und ein Strahl den Ableiter verließ, die Hälfte des Zifferblattes zersplitterte und in das Innere des Thurmes eindrang, während zwei andere Strahlen den Ableitungsdrähten des Thurmes und der Kirche folgten. Besonders pflegt sich aber der Blitz zu theilen, wo er seinen Weg durch schlechte Leiter zu nehmen genöthigt ist. Daher z. B. Stohdächer vom Blitz getroffen sogleich über und über brennen, und Häuser, an denen sich keine ableitende Metallstrecken befinden an vielen Stellen beschädigt werden. Das Ziel des Blitzes ist immer die Erde und er schlägt den Weg ein, welcher ihn am kürzesten zu diesem seinen Ziele führt. Daher kann es wohl auch kommen, daß der Blitz von einem besseren auf einen schlechteren Leiter überspringt, wenn er

Digitized by Google

auf diesem viel schneller zur Erde kommen kann. Deshalb weicht der Strahl von einem metallenen Thurmdache, dessen Rand unten nur auf die Mauer führen würde, mitten ab, um auf eine weiter herunterreichende Stange, Draht oder dergl. zu springen. Es kommen indeß Fälle vor, wo große Massen von Elektricität auf solchen Leitern sich gleichsam anhäufen, und eine gewisse Spannung bis zum Ausströmen erlangen, wenn der eigentliche Ableiter, dem sie folgen, nicht hinreicht, um die ganze Masse schnell genug abzuleiten. So wird ein Fall erzählt, wo der Blitz den Ableiter eines Kirchthurms traf, welcher auf das kupferne Dach geleitet war, und von da der Erde zulief. Es ließ sich nirgends eine Spur von der Wirkung des Blitzes bemerken, aber an den Kanten des Dachs sprühte überall sichtbar das Feuer umher.

Nach den Metallen sind die besten Leiter für den Blitz Menschen und Thiere, besonders wenn sie sich im freien Felde befinden und da die hervorstehendsten Gegenstände sind. Sehr gefährlich ist es auch, wenn man sich zwischen zwei guten Leitern der Elektricität befindet, indem dann der menschliche Körper dazu dient, um den Uebergang von dem einen zu dem andern guten Leiter zu erleichtern. Auch verläßt der Blitz schlechtere Leiter, um auf menschliche oder thierische Körper überzuspringen. Daher ist es sehr gefährlich bei einem Gewitter sich unter einen Baum oder unter eine Hecke zu verbergen, oder an ein Haus zu stellen, welches keinen Blitzableiter hat. Befindet man sich während eines Gewitters auf freiem Felde, so ist das Rathsamste sich platt auf die Erde, wo möglich in einen Graben zu legen. Auch muß man sich hüten, um einem Gewitter zu entgehen, sich stark zu erhitzen, weil die Dunstatmosphäre, welche sich dann um den Körper verbreitet, den Blitz noch mehr anlockt. Daß dem so sei, sieht man schon aus den häufig vorkommenden Fällen, wo Pferde, welche eingespannt und durch das Ziehen erhitzt waren, erschlagen wurden, während der Kutscher auf dem Bocke unversehrt blieb. Kleine Metallstücke am Leibe getragen, wie Knöpfe, Ringe und dergl. werden die Gefahr vom Blitz getroffen zu werden, nicht eben sehr vermehren; dagegen können z. B. Tressen dazu dienen den Strahl leichter an der Oberfläche der Körper hinzuleiten, trockne Kleider von Seide, Wolle, Haare, Leder sind aber nicht geeignet den Blitz abzuleiten.

Nach den angeführten sind die besten Leiter für den Blitz alle nassen oder feuchten Gegenstände, weswegen derselbe beim Einschlagen in grünende Bäume seinen Weg durch den mit Saft angefüllten Zwischenraum zwischen Holz und Rinde nimmt, und dabei die letztere abschält oder mit Furchen durchreißt. Auch Dämpfe und Rauch, welche während eines Gewitters aufsteigen, können zu Leitern des Blitzes dienen, der dann beim Herabfahren durch den Schornstein an dem Rußüberzuge desselben einen Leiter findet. Ueberzüge von leitenden kohligen Substanzen gewähren dem Blitze leicht einen Fortgang an ihrer Oberfläche, s. z. B. ein Ueberzug von Kienruß und Theer. Henley führt an, daß 1776 der Blitz einen Schiffsmast an allen mit Kienruß und Oel bestrichenen oder getheerten Stellen unbeschädigt gelassen, an den übrigen mit Fett bestrichenen aber zersplittert habe. Cavallo

Digitized by Google

fand, daß jede stark aufgetragene Oelfarbe die Fläche vor den Beschädigungen der vorübergehenden elektrischen Schläge schütze.

Zuletzt fährt der Blitz immer nach der feuchten Erde oder dem Wasser. Merkwürdig ist dabei, daß er ohne weitere Beschädigung der Erde selbst sich an der Oberfläche derselben vertheilt. Daß die Oberfläche, nicht aber das Innere der Erde das Ziel des Blitzes sei, dafür spricht die von Reimarus angeführte Erfahrung, wo der Blitz an Blitzableitern, die in die Erde versenkt waren, zwar seinen Weg bis ans Ende derselben verfolgte, aber von da aus Erde und Steinpflaster aufgewühlt hatte, um nach der Oberfläche der Erde zu gelangen. Der Grund zu der Erscheinung, daß die Oberfläche der Erde, auf welche der Blitz trifft, auch vom allerheftigsten Strahle, der eben vorher noch die schrecklichsten Verwüstungen anrichtete, nicht im mindesten verletzt ward, ist wohl eben derselbe, aus welchem auch die Kugel des Entladers bei der Elektrisirmaschine durch den stärksten Funken nicht beschädigt wird, während dieser Funke zwischenliegende Körper zerschmettert. Der Blitz ist wie der elektrische Funke die Vereinigung positiver und negativer Elektricität, von denen die eine aus der Wolke, die andere aus der Erde ausströmt uud er kommt sowohl aus der einen als aus der andern, nur daß die aus der Wolke strömende Elektriticität die stärkere ist. Ueber die Blitzröhren und deren Entstehung s. d. Art.

Besonders merkwürdig ist der sogenannte Rückschlag. Man hat bei Gewittern öfters Menschen und Thiere todt niederfallen sehen, obgleich der Schlag in einer großen Entfernung von der Stelle erfolgte, wo sie sich befanden. Den merkwürdigsten Fall dieser Art, welcher viel Aufsehen machte, erzählt Brydone. Am 19. Julius 1785 zeigten sich nach einem schönen heitern Morgen um 11 Uhr Wolken in SO. vom Beobachtungsorte, zwischen Mittag und 1 Uhr mehrere entfernte Blitze. Zwischen ihnen und dem Donner vergingen 25 bis 30 Secunden. Plötzlich hörte Brydone einen Knall, als wenn mehrere Flinten schnell hinter einander abgefeuert würden, ohne daß sich vorher ein Blitz gezeigt hatte. Nicht weit von dem Hause war ein Mensch, Namens Lauder, welcher einen mit Kohlen beladenen Wagen fuhr, mit seinen Pferden erschlagen; sein Begleiter, welcher auf einem zweiten Wagen hinter ihm fuhr, hatte nur den Knall gehört und die Pferde stürzen sehen, dabei bemerkte derselbe keinen Blitz, fühlte auch keine Erschütterung. Mehrere Kohlen waren von dem Wagen umhergeschleudert. Etwa anderthalb Fuß hinter jedem Rade war in der Erde ein Loch von ungefähr 2 Zoll Durchmesser, dessen Mittelpunkt genau in der Radespur lag. Die Erde war um die Löcher aufgewühlt, das Eisen am Rade zum Theil oxydirt. Auch ein Schäfer, welcher sich mehrere hundert Schritte von der Stelle befand, sagte, er habe eben nach den beiden Karren gesehen, da er einen lauten Knall gehört und zugleich gesehen, daß die Pferde des ersten Karrens niedergefallen, er habe aber keinen Blitz oder Feuerschein gesehen, sondern nur daß Staub von der Stelle aufgeflogen, er fügte hinzu, der Vorfall habe sich nordwestlich von seinem Standpunkte ereignet, während er es nur südöstlich von diesem hatte blitzen sehen. Dabei zeigten sich in der Nähe noch mehrere ähnliche

Digitized by Google

Erscheinungen. Ein Schäfer weidete seine Heerde auf einem nahe gelegenen Felde. Plötzlich sahe er ein Lamm todt umfallen und dabei hatte er eine Empfindung, als ob Feuer über sein Gesicht führe. Dieser Vorfall ereignete sich etwa eine Viertelstunde vor Lauders Unfall und nicht über 300 Yards von der Stelle, wo dieser getödtet wurde. Eine Frau, welche unweit des Tweed, in dessen Nähe sich die ganze Begebenheit zutrug, Gras mähete, fiel plötzlich zu Boden und rief aus, sie hätte einen heftigen Schlag am Fuße erhalten, und wüßte gar nicht, woher er gekommen. Eben so erzählte der Prediger Bell, er sei kurz vor diesem Unfalle in seinen Garten gegangen und habe zu wiederholten Malen ein merkliches Zittern des Bodens bemerkt. Nicht immer zeigt der Rückschlag so heftige Wirkungen als im vorliegenden Falle. So bekam einst eine Person in dem Augenblicke, wo eine geladene Gewitterwolke in bedeutender Entfernung explodirte, einen elektrischen Schlag, da sie von ungefähr mit der Hand einen, nicht in einem Stücke fortlaufenden metallenen Blitzableiter berührte. Ein ähnlicher Fall ereignete sich in Versailles am 24. Septbr. 1826. In dem Momente, wo das Gewitter in einer eine halbe Lieue entfernten Meierei einschlug, empfand ein Bewohner der Stadt, welcher neben einer Dachtraufe stand, eine heftige Erschütterung. — Der neueste Fall wo ein Rückschlag vorkam, ist schon darum sehr beachtungswerth, weil er auf das genaueste, und in Auftrag der Regierung, untersucht worden ist.

Am 31. Dec. 1831 gegen $3\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittags erhob sich während eines Nebels und dichten Schneefalles, längs der Mauer einer Wohnung des Hauses des Herrn Modini in Mailand, eine feurige Erscheinung, welche die Kalkkruste der Mauer auf mehrere Fuß in der Länge abschälte, in eine neue Scheidemauer aus Ziegelsteinen ein Loch von $5\frac{7}{10}$ Zoll Weite schlug und mit Heftigkeit in die anstoßende Küche drang, die unmittelbar über den unterirdischen Gemächern liegt, welche nur etwa 3 Fuß über das Niveau der Straße hinaufreichen. An jene Ziegelmauer lehnen sich die Oefen der Küche, auf welchen eben zwei Biegeleisen, jedes von etwa $4\frac{3}{4}$ Pfund Gewicht, und eine kupferne, mit Kaffee gefüllte Kanne von $\frac{1}{2}$ Maß Inhalt standen. Auf diese Geräthe ging die Feuermasse los, erhitzte die Biegeleisen fühlbar und schleuderte sie 3 Fuß weit fort, verwandelte augenblicklich die Flüssigkeit in der Kanne mit einer starken, weit hörbaren Explosion in Gas, zersprengte die Kanne, riß den Deckel los und schleuderte ihn der eben anwesenden Frau des Hausbewohners an den Kopf und warf den andern Theil in eine Ecke. Die Feuererscheinung lösete die Uebertünchung von der Decke eine gute Strecke weit ab und scheint durch die Fenster ins Freie gegangen zu sein, ohne die oberen Stockwerke des Hauses zu treffen. Das Blei dieser Fenster ward verbogen aber nirgends geschmolzen, und die Glastafeln waren in lange Streifen zertrümmert. An den Orten, welche diese Erscheinung durchzog, verbreitete sich ein brenzlicher oder schwefeliger Geruch und war selbst einige Stunden nach der Erscheinung noch bemerkbar. Glücklicherweise wurde Niemand beschädigt; denn selbst der gegen den Kopf der Frau geschleuderte Kannendeckel traf nur den Kamm in ihren Haaren. Dieselbe sagte aus, eine

Helle wahrgenommen und ein Gefühl empfunden zu haben, als ob ihr Körper, besonders ihr Kopf, von einer innern Gewalt ausgedehnt würde. Ein eben in der Küche gegenwärtiger Hund begann zu heulen und blieb eine Weile in einer Art Besinnungslosigkeit.

Diese Rückschläge sind, wie es scheint, von der Erde herauffahrende Blitze, die durch in der Atmosphäre angehäufte negative Elektricität bewirkt werden, so daß in diesem Falle die Richtung des Blitzes von der Erde aufwärts geht. Hier stellt die Atmosphäre den Entlader vor, die Erde aber die zu entladende elektrische Batterie.

Der Blitz übt oft eine ungeheure mechanische Gewalt aus, besonders wenn er auf seiner Bahn auf schlechte Leiter trifft. So verschob der Blitz in einem Hause unweit Manchester am 6. August 1809 eine Mauer zwischen einem Keller und einer Cisterne, die 3 engl. Fuß dick und 12 Fuß hoch war, dergestalt, daß der weggeschobene Theil an einer Seit 4 Fuß, an der andern 9 Fuß aus seiner Lage entfernt war, wobei die hölzernen Verbindungsstücke ganz zerbrochen waren. Der fortgeschobene Theil enthielt 7000 Backsteine und wog etwa 52000 Pfund; um aber die ganze mechanische Wirkung zu berechnen, müßte noch die Größe der Cohäsion dieser Theile bekannt sein. Ein anderes Beispiel von der ungeheuern mechanischen Wirkung des Blitzes erzählt Muncke. Ein Eichbaum, welcher über den Wurzeln einen Durchmesser von drei Fuß hatte und ganz gesund gewesen zu sein schien, wurde vom Blitze getroffen. Eine Krone von drei, nahe ein gleichseitiges Dreieck bildenden Aesten, welche am Stamme einen Durchmesser von 1′ 5″ bis 2 Fuß hatten, wurde so abgebrochen, daß sie vertical herabfielen und mit Erhaltung der Rinde das Ansehn hatten, als wären sie durch ein stumpfes Beil mit einem einzigen Hiebe getrennt worden. Der Stamm war so zerstört, daß er fast ganz verschwunden war. Der Blitz hatte ihn seiner Rinde so beraubt, daß Muncke nirgend nur ein einziges Stück mit derselben bekleidet finden konnte. Sie war in sehr kleine Stücke zerrissen und weit umhergeschleudert. Eben so war der Stamm durch den Blitz in eine Menge Stücke von ungleicher Größe zerrissen und auch diese waren weit zerstreut; einige von letzteren zeichneten sich durch viele, vielleicht an hundert Fasern aus, welche wie Seile von 1 bis 2 Linien Queerschnitt durch den Blitz gleichsam herausgedreht oder wie mit einem Hohlmeisel, in der Länge von etlichen Fußen bis auf wenige Zolle aus der Masse gleichsam herausgestochen, an kleinen Fasern oder mit den Enden festhingen. Nirgend zeigte sich die mindeste Spur von Zündung oder Verkohlung. Auffallend dabei war es, daß die Menge der zerstreuten Stammstücke viel kleiner war, als man nach der Größe des ganz gesunden Baumes hätte erwarten sollen; es war wenig wahrscheinlich, daß ein Theil des Holzes schon fortgetragen worden sei. Dieses Holz mußte daher auf eine Art verschwunden sein, welche noch nicht bekannt ist, und Muncke fügt noch eine Thatsache hinzu, welche er von dem Mechanikus Schubarth in Marburg gehört hatte, daß einst auf dem Schlosse daselbst ein Sparren durch den Blitzstrahl ohne Zündung gänzlich zerstört und völlig verschwunden sei.

Digitized by Google

Wenn der Blitz bei seinem Herabfahren nicht bis zur Erde herabreichende ununterbrochene Leiter findet, sondern von einem zum andern überspringen muß, so entsteht bei jedem solchen Uebergange eine Platzung. Dasselbe geschieht, wenn der Leiter nicht hinreichend für die Stärke des Blitzes ist. Dann wird der elektrische Strom gleichsam einen Augenblick gehemmt und sprüht rings herum, bis er einen neuen Leiter gefunden hat, und bei dieser Gelegenheit zeigt sich die zerstörende Gewalt des Blitzes. Befindet sich ein brennbarer Körper in der Nähe, so wird er entzündet. Besonders treten Platzungen dann ein, wenn der Blitz genöthigt ist, sich durch schlechtleitende Körper fortzupflanzen, und in diesem Falle tritt daher auch am häufigsten Entzündung ein. Den Blitz leiten aber alle Körper schlecht, welche überhaupt schlechte Leiter der Elektricität sind (s. d. Art. Leiter). Nicht immer zündet jedoch der Blitz, selbst dann nicht immer, wenn er auf schlechte Leiter trifft. Man nennt solche nicht zündende Schläge im gemeinen Leben kalte Schläge. Dieß kommt vielleicht daher, daß der Blitz in diesem Falle zu stark ist, und daher zu schnell über die Körper hinfährt, um Entzündung zu bewirken. Oft mag auch der Regen die schlechten Leiter so durchnäßt haben, daß die Feuchtigkeit dem Blitze zum Leiter dient. Die erste Erklärung erhält dadurch eine Bestätigung, daß auch der Funke der Elektrisirmaschine, wenn er sehr stark ist, Schießpulver nicht entzündet, sondern nur umherschleudert, ein schwächerer Funke dagegen es entzündet. Der starke Luftdruck, welcher bei einem heftigen Schlage stattfindet, löscht auch vielleicht die eben entstandene Flamme wieder aus. Es ist sogar vorgekommen, daß die Entzündung, welche ein Blitzstrahl verursacht hat, durch einen zweiten Wetterschlag wieder ausgelöscht worden ist. Dieses entspricht der Erscheinung bei der Elektrisirmaschine, wo die Flamme, welche beim Durchgange eines schwächern elektrischen Schlages aus dem Rauche eines glimmenden Dochtes angefacht war, durch einen stärkern Schlag wieder ausgelöscht wird.

Hat der Blitz eingeschlagen, so will man häufig einen schwefligen Geruch bemerkt haben, indeß andere nur berichten, daß sie einen brandigen Geruch wahrgenommen, welches wahrscheinlicher ist, da kein Grund vorhanden ist, warum Geruch nach Schwefel stattfinden sollte; in jenen Berichten, wo von schwefligem Geruche die Rede ist, findet wahrscheinlich nur eine undeutliche und fälschliche Ausdrucksweise statt. Es ist derselbe, der auch bei Elektrisirmaschinen bemerkt wird, nur in verstärktem Grade.

Feuersbrünste, welche der Blitz verursacht, sind nur darum schwerer zu löschen als andere, weil die Entzündung oft an mehr als einem Orte stattfindet, häufig heftiger Sturm die Flamme schnell fortpflanzt und die Menschen, welche sich in der Nähe befinden, betäubt und verwirrt sind. Uebrigens ist die Natur der Flamme, welche durch den Blitz erzeugt wird, ganz dieselbe wie die jeder andern Flamme, und bei Löschung einer durch den Blitz entstandenen Feuersbrunst sind daher ganz dieselben Mittel anzuwenden, wie bei einer auf andere Weise entstandenen.

Digitized by Google

Gute Leiter werden nur dann vom Blitze beschädigt, wenn sie nicht hinreichend zur Leitung sind, in welchem Falle, wie oben gesagt, Platzungen statt finden. So werden dünne Drähte vom Blitze glühend gemacht, zerrissen und zerschmolzen; bei sehr großer Dünnheit im Verhältniß zu der Stärke des Blitzes auch in kleine Kügelchen und Dampf verwandelt. Beim Ueberspringen des Blitzes von einem Leiter zum andern, wobei ebenfalls Platzungen stattfinden, werden auch größere Metallstücke beschädigt, an ihren Flächen geschmolzen oder durchlöchert. In bestimmten Fällen wird Eisen durch den Blitz magnetisch gemacht, Magnetnadeln wird ihre magnetische Kraft genommen oder ihre Pole werden umgekehrt, so daß der Südpol zum Nordpol und der Nordpol zum Südpole wird (vergl. den Art. Elektromagnetismus). Es ist vorgekommen, daß auf diese Weise die Pole des Compasses auf Schiffen umgekehrt worden sind, und die Schiffer, welche jene Wirkung des Blitzes nicht kannten, statt vorwärts zu fahren, nun rückwärts gesegelt sind. Als Beispiele zur Wirkung des Blitzes auf dünne Metallmassen können folgende angeführt werden. Im J. 1816 führte der Blitz in Prag das Gold von einem vergoldeten Uhrzeiger auf das weiter unten befindliche Blei des Daches herab und vergoldete dieses. In Paris schmolz ein Blitzstrahl in einem Hause alle Glockenzüge ohne das Haus weiter zu beschädigen; auf einer Mauer bildete er von dem geschmolzenen Metall eine Zeichnung, welche vollkommen einen brennenden Vulkan vorstellte. Fusinieri meint, daß ein von einem Metalldrahte ausfahrender, durch die Luft gehender, elektrischer Funke geschmolzenes glühendes Metall mit sich führe, und es an den Leiter absetze, auf welchen er übergeht, und sucht dieses beim Blitze nachzuweisen. So will er an Bäumen, welche vom Blitze getroffen wurden, auf dem Wege chemischer Untersuchung und mittelst der Magnetnadel, da wo der Blitz Spuren seines Weges zurückgelassen hatte, Eisen bemerkt haben.

Menschen werden vom Blitze nicht eben häufig getödtet. So wurden nach Lichtenberg in Göttingen in einem halben Jahrhundert und darüber, nur drei Menschen vom Blitze getödtet und dazu nur bei zwei Schlägen, und in Halle wurde nach Kämtz 1609 und darauf erst wieder 1825 ein Mensch vom Blitz erschlagen. Dagegen entsinne ich mich, daß im Riesengebirge bei Einem Gewitter durch zwei verschiedene Schläge zwei Menschen getödtet wurden. Nicht immer tödtet jedoch der Blitz die Menschen, welche er trifft, sondern er beschädigt sie zuweilen nur. In der Regel fährt der Blitz nur an der Oberfläche des Körpers hin und der Tod erfolgt nur durch die ungeheuere Erschütterung und dadurch bewirkte gänzliche Vernichtung der Nervenkraft, zuweilen wohl auch durch Erstickung; aber nur in sehr seltenen Fällen findet eine auffallende Zerstörung innerer Organe statt. Besonders merkwürdig ist in dieser Hinsicht ein Fall, wo ein Kind im Leibe der Mutter getödtet wurde, während die Mutter selbst unversehrt blieb außer einiger Verbrennung durch ihre entzündeten Kleider, die man nicht schnell genug wegschaffen konnte. Das Kind, welches einige Tage nachher völlig ausgetragen geboren wurde, hatte alle Zeichen eines Erschlagenen; der Hirnschädel war in kleine Brocken zerschmettert, die Haut auf dem

Digitized by Google

Kopfe aber ganz; vorn am Leibe und an den Beinen war die Haut kenntlich vom Blitze abgestreift, hinten aber unverletzt. — Ein furchtbarer Blitzstrahl tödtete 1803 zu Fehrbellin in der Mittelmark einen Schäfer nebst seinem Hunde und 40 Schafen. Die Schafe waren ganz unbeschädigt, den Lämmern aber die Wolle abgestreift und verschwunden. Dem Schäfer waren die Kleider abgerissen, das eine Ohr eine Strecke weit fortgeschleudert, die Hirnschale an der linken Seite losgesprengt, die Haut an vielen Theilen des Körpers abgeschunden und die Knochen zerschmettert.

Bei allen vom Blitz erschlagenen zeigten sich fleckweise und strichweise Versengungen, schwarze Streifen an der Oberfläche der Haut und der innern Seite der Kleidung. Besonders stark waren diese an denen Stellen, wo der Blitz zu- und abgesprungen war. Dort waren auch die Kleider durchbohrt. Ausserdem fanden sich die stärksten Verletzungen da, wo die freie Ausbreitung unter der Kleidung am meisten gehindert worden war. Die von dem Blitz getroffenen Hautstellen starben als harte Borken ab, und die davon entstehenden Geschwüre widerstanden hartnäckiger als andere einfache Geschwüre der Heilung. Merkwürdig ist, daß der Blitz zuweilen Zeichnungen auf der Haut zurückläßt, ganz ähnlich den Lichtenberg'schen Figuren auf dem Elektrophor. Brandis erzählt einen solchen Fall, wo sich auf der Brust eines vom Blitz erschlagenen Frauenzimmers Flecken von der Größe eines Guldens, mitten weiß und rund umher in strahlichte Verästelungen sich verlaufend zeigten.

Auch in denjenigen Fällen, wo äussere Verletzungen stattfanden, wo Knochen zerbrochen oder die äußere Haut verwundet wurde, finden sich doch die inneren feineren Theile unverletzt. In einem Falle, wo das Trommelfell im Ohre zerrissen und Spaltungen im Hirnschädel entstanden waren, fand sich doch weder die Haut noch die harte Hirnhaut durchbohrt, Gehirn und Eingeweide waren unverletzt und die übrigen Spuren zeigten offenbar ein Herabstreichen an der Haut. Wenn die Haut verwundet worden, so setzt der Strahl seinen Weg doch nicht durch die Blutgefäße fort, sondern fährt äußerlich herab. Landriani fand bei Thieren, welche durch elektrische Schläge getödtet waren, die Pulsadern immer voll Blut, selbst noch viele Stunden nach dem Tode. Da durch den elektrischen Schlag die Reizbarkeit zerstört wird, so findet keine Zusammmenziehung der Pulsadern, wodurch das Blut herausgetrieben würde, statt, und so erfolgt der Tod, ohne daß irgend ein Hauptgefäß zerrissen wird. Da die Reizbarkeit des thierischen Körpers von den Nerven abhängt, so hat man daraus geschlossen, daß der Blitz, wenn er den thierischen Körper treffe, durch die Nerven gehe; allein bei vom Blitze getödteten Menschen hat man nie Zerstörung der Nerven wahrgenommen, während diese doch noch viel feinere Leiter des Blitzes wären, als Metalldrähte, welche durch den Blitz geschmolzen, ja in Dampf verwandelt werden. Daß der Tod nicht durch innere Zerreissungen, sondern durch ein plötzlich eintretendes Aufhören der Nerventhätigkeit stattfinde, sieht man auch daraus, daß die vom Blitze getödteten Personen größtentheils unverändert in der Lage gefunden wurden, in der sie sich

eben befanden, als der Blitz sie traf. So erzählt Reimarus, daß zwei vom Blitz erschlagene, die an eine Hecke, unter der sie Schutz gesucht, angelehnt waren, in ihrer früheren unverändert gebliebenen Lage, sogar mit offenen Augen, gefunden wurden, der eine mit einem Stücke Brod, das er einem Hunde, der auf seinem Schooße geruht und der mit erschlagen worden war, reichen wollte; eben so eine Frau, die an einem Heuhaufen sitzend, vom Blitz erschlagen worden, und die so wenig verändert war, daß sie noch wie lebend aussah; ein Mensch, der hinten auf einem Boote saß und der vom Blitze getroffen, in seiner Stellung sitzend blieb, und für bloß schlafend gehalten wurden. Die vom Blitze getroffenen Menschen fahren auch weder auf, noch bemerkt man die geringsten Verzuckungen an ihnen, auch nicht Spuren derselben an den Leichnamen. Die Vernichtung der Nervenkraft ist auch der Grund, daß die Körper vom Blitz erschlagener sehr schnell in Fäulniß übergehen und daß das Blut in ihren Gefäßen nicht gerinnt, sondern flüssig bleibt.

Ueber die Mittel, welche anzuwenden sind bei vom Blitze getroffenen spricht Pfaff wie folgt: „Zur Rettung der vom Blitze getroffenen scheint das dienlichste Mittel zu sein, daß man die gehemmte Lebenskraft durch angemessene Reize wieder aufzuregen und ihre Thätigkeit herzustellen sucht. Im ersten Augenblicke ist zur Wiederbelebung des vom Blitze getroffenen Scheintodten die frische Luft und besonders das Besprengen mit kaltem Wasser das wirksamste Hilfsmittel. Auch kalte Umschläge auf den Kopf können von Nutzen sein. Reiben mit flüchtigen Mitteln, insbesondere mit ätzendem Salmiakgeist, Klystiere von kaltem Wasser, Essig oder einem Aufguße von reizenden Kräutern, Einblasen der Luft und der Gebrauch der Elektricität selbst als des kräftigsten Reizmittels für die Nerven sind nicht zu verabsäumen. Die elektrische Erschütterung ist in der Gegend des Herzens anzubringen. Dr. Fothergill erzählt Fälle, wo dieses Mittel mit glücklichem Erfolge angewendet wurde, und Pardington stellte einen jungen Hund, dem ein elektrischer Schlag auf den Kopf Sinne und Bewegung geraubt hatte, durch kleine Erschütterungen in der Brust wieder her. Ist der Körper schon kalt und erstarrt, so muß man freilich gleich anfangs suchen, die Wärme wieder herzustellen. Hierzu ist nebst dem Reiben ein vorzügliches Mittel das Auflegen einer Blase mit sehr heißem Wasser auf die Gegend der Herzgrube, welches selbst die Erwärmung durch ein ganzes Bad an geschwinder Wirkung übertrifft, wie Dr. Currie aus wiederholten Erfahrungen versichert. Hat der Verletzte sich so weit erholt, daß er schlucken kann, so werden ihm auch innerlich, wie es die Wiederherstellung der Kräfte erfordert, nervenstärkende Mittel: Wein, Schwefeläthergeist oder flüchtige Salze gegeben. Die Hautverbrennungen sind größtentheils nur oberflächlich und mit kühlenden Mitteln zu behandeln; nur auf den eingebrannten Stellen sind Eiterungsmittel anzuwenden."

Es fragt sich nun, wie man sich vor der Gefahr, vom Blitz erschlagen zu werden, schützen könne. Vom Blitzableiter, welcher Gebäude schützen soll, wird in einem eigenen Artikel gesprochen. Befindet man sich während eines Gewitters in einem Gebäude ohne Blitzableiter, so

Digitized by Google

ist es der Vorsicht gemäß, sich von guten Leitern der Elektricität möglichst fern zu halten, besonders von Metallen. Vorzüglich vermeide man, sich unter Kronleuchter, welche an metallenen Stangen oder Ketten aufgehangen sind, zu stellen.*) Im Allgemeinen befindet man sich desto sicherer, je näher man dem Erdboden ist. Gefährlich kann der aus der Esse aufsteigende Rauch werden, weswegen man während eines Gewitters vermeide Feuer anzumachen. Befindet man sich ausserhalb des Hauses, so ist es gefährlich, an Mauern, Gebäuden, Thüren oder Thorwegen vor Wind und Regen Schutz zu suchen. Auf dem freien Felde ist man am gesichertsten, wenn man sich in mäßiger Entfernung von einem höher emporragenden Gegenstande befindet; aber näher oder gar unmittelbar bei einem hervorragenden Gegenstande sich zu befinden, ist sehr gefährlich. Auch von Teichen und andern Wassersammlungen muß man sich entfernt zu halten suchen, und ist man auf größere Entfernung der hervorragendste Gegenstand, so ist es, wie schon oben gesagt, räthlich, sich niederzulegen und zwar am besten in einen trockenen Graben.

Blitzableiter, Wetterableiter, Wetterstange ist eine von **Franklin** erfundene Vorrichtung, dem herabfahrenden Blitze eine bestimmte Bahn anzuweisen und so zu verhindern, daß der Blitz Schaden anrichte. **Franklin** hatte durch sorgfältige Versuche über die Wirkung der Elektricität und durch Beobachtungen über die Natur des Blitzes, wie im vorigen Artikel gesagt, gefunden, daß der Blitz ein großer elektrischer Funke sei. Er hatte bemerkt, daß Spitzen den elektrisirten Körpern ihre Elektricität allmählig und ohne Funken entziehen und indem er hierüber in einem Briefe vom J. 1749 spricht, setzt er hinzu, man werde davon einen sehr nützlichen Gebrauch zur Beschützung der Gebäude machen können. In einem Briefe vom J. 1753 bemerkt **Franklin**, daß der Blitz seinen Weg durch leitende Körper nehme und nur dann Platzungen stattfänden, wenn die leitenden Körper unterbrochen oder nicht hinreichend für die Größe des Blitzes oder zu schlechte Leiter wären. Daher meint er, würden ununterbrochene Metallstangen von zureichender Dicke entweder die Explosion ganz verhüten, oder wenn sie zwischen der Spitze selbst und den Wolken entstanden wäre, wenigstens so weit die Stange reichte, fortleiten. In Nordamerika wurden nach **Franklin's** Anweisung bald an mehreren Orten Blitzableiter errichtet. In Deutschland sind die Blitzableiter zuerst durch **Winkler** vorgeschlagen worden. Die erste derartige Vorrichtung ist, wie **Pfaff** vermuthet, die des **Procopius Divisch** in Mähren gewesen, der schon im J. 1754 eine Art Blitzableiter errichtete und zu Prendiz bei Znaym am 9. und 10. Juli desselben Jahres Wetterwolken, die darüber hinzogen, sich zertheilen sah. Der erste Blitzableiter in England

*) In Hirschberg in Schlesien wurde der Prediger auf der Kanzel vom Blitz erschlagen, weil eine eiserne Stange vom Gewölbe der Kirche herabreichend das Dach der Kanzel trug.

Digitized by Google

wurde 1762 zu Payneshill von Watson errichtet. In Hamburg ward 1769 der Jacobithurm mit einem Blitzableiter versehen. In Baiern errichtete zuerst Osterwald 1776 auf seinem Landhause einen Ableiter. Auf die Kathedralkirche zu Siena im Toskanischen wurde ein Blitzableiter gesetzt, nachdem dieselbe mehrmals durch Blitze beschädigt worden war. Darüber war anfangs das Volk sehr unwillig, und nannte den Blitzableiter eine Ketzerstange, aber am 10. April 1777 fuhr der Blitz an dem Ableiter herunter und nicht einmal das Gewebe einer Kreuzspinne, welches zwischen dem Thurme und der Metalleitung sich befand, wurde verletzt; nun fing man die Ketzerstange zu achten an.

Unzählige Erfahrungen haben es bewiesen, daß ein gehörig angebrachter Blitzableiter das Gebäude auf welchem er steht, vollkommen schützt, d. h. daß, wenn ein Blitz nach dem Hause zuschlägt, derselbe ohne zu schaden am Blitzableiter nach der Oberfläche der Erde herunterfährt. Da man aber beobachtet hat, daß, wenn man einem noch so stark elektrisirten Körper Metallspitzen nähert, derselbe dadurch seiner Elektricität beraubt werde, so hat schon Franklin gemeint, ein Blitzableiter, welcher mit einer erhabenen Spitze versehen sei, müsse eben so auch die Elektricität der Gewitterwolke gleichsam aufzusaugen, oder, ohne daß ein Wetterstrahl erfolgte, abzuleiten im Stande sein. Hiergegen sind nun zwei erhebliche Gründe ausgesprochen worden. Einmal nämlich ist auch die größte Menge von Stangen die man auf einem Gebäude anbringen kann, so wie die größte Höhe derselben in gar keinem geeigneten Verhältniß zu einer mit Elektricität geschwängerten Gewitterwolke, um sie mit den Spitzen, welche man einer Elektrisirmaschine nähert, und durch die allerdings eine allmählige Entladung geschieht, zu vergleichen. Auch wird eine starke Elektrisirmasche nur dann durch Spitzen entladen, wenn diese in geringer Entfernung vom Conductor der Maschine angebracht sind. Zweitens ist gegen die Anfertigung von Blitzableitern mit hervorragenden Spitzen gesagt worden: Da die Erfahrung lehrt, daß die Elektricität durch Spitzen angezogen wird, aber auch daß die Spitzen eines Blitzableiters nicht im Stande sind den Ausbruch eines Gewitterschlages zu hintertreiben, indem eine Menge von Fällen angeführt werden kann, wo der Blitz entweder in den Ableiter selbst oder in dessen Nähe einschlug; so sind die Blitzableiter mit Spitzen nicht allein nicht nützlich, sondern vielmehr gefahrbringend; sie locken nämlich die Elektricität an, ohne im Stande zu seyn, sie völlig abzuleiten. Diese letzte Behauptung schien besonders durch den Vorfall Bestätigung zu erhalten, daß im J. 1777 der Blitz in das mit einer spitzigen Ableitung versehene Artilleriehaus bei den Pulvermagazinen in Purfleet schlug, und zwar nicht nach dem Blitzableiter, sondern nach einer eisernen Klammer der Ringmauer, 46 Fuß weit von der Stange, welche 10 Fuß 2 Zoll lang war. Von dieser Klammer drang er durch die Stein 7 Zoll weit in eine mit der Ableitung verbundene Bleiplatte (das Gebäude war mit Blei gedeckt), und ward so zur Erde fortgeführt, ohne außer der Zerschmetterung einiger Steine und Anschmelzung des Bleies einigen Schaden zu thun. Man meinte nun, in diesem Falle habe die spitze Stange die Elektricität angelockt, ohne im Stande

Digitized by Google

zu sein, dieselben vollkommen abzuleiten. Wilson, welcher besonders gegen die zugespitzten Wetterstangen eingenommen war, rieth dagegen die Stangen der Blitzableiter mit Kugeln zu versehen.

Aus dem erwähnten Vorfalle in Purfleet folgt indeß einzig, daß die 10 F. 2 Z. hohe Wetterstange für ein so großes Gebäude wie das Artilleriehaus nicht hinreichend sei, daß die Kraft den Blitz auf sich zu ziehen bei einer spitzen Stange von der angeführten Länge nicht 46 F. weit reiche, namentlich wenn sich Metall in der Nähe befindet. Man hat häufig die Spitzen der Blitzableiter bei Nacht, wenn die Atmosphäre mit Elektricität geschwängert war, leuchten gesehen, so daß also die Kraft ohne Schlag die Elektricität der Atmosphäre abzuleiten, erwiesen zu sein scheint, wenn auch bei größern Massen von Elektricität der Schlag nicht hintertrieben wird.*) Da ferner der Blitz stets den höher emporragenden Theilen zunächst zueilt, so wird in einem gewissen Umkreise die Wetterstange den herabfahrenden Blitz auf sich ziehen und dadurch die umliegenden Theile eines Gebäudes schützen. Aus Versuchen, welche Nairne an der Elektrisirmaschine angestellt hat, geht wenigstens so viel mit Gewißheit hervor, daß Kugeln häufiger dem Schlage ausgesetzt sind als Spitzen, und daß der Blitz aus größerer Entfernung von einer bewegten Wolke nach einer Kugel fährt, als nach einer Spitze. Die Wetterstangen also mit Kugeln statt mit Spitzen zu versehen ist gänzlich unthunlich. Noch weniger zweckmäßig aber erscheint der Vorschlag Wilson's, die Blitzableiter unter das Dach des zu schützenden Gebäudes mit Kugeln versehen anzubringen, indem hier, soll der Blitz den Ableiter erreichen, jedesmal erst das Dach beschädigt werden muß.

Da aber die Absicht, welche man mit den gewöhnlichen Blitzableitern bezweckt, gar nicht die ist, den Blitz anzuziehen, sondern der Ableiter nur denselben, wenn er einmal ein Gebäude trifft, für dieses unschädlich machen soll, so erscheint der Vorschlag Reimarus, gar keine hervorragende Stangen anzubringen, sondern nur die metallische Leitung über alle hervorragende Theile eines Gebäudes zu führen, sehr zweckmäßig; nur würde dadurch ein größerer Aufwand von Metall nöthig werden. Da aber der Blitz beim Einschlagen stets in einen hervorragenden Theil fährt — er müßte denn durch einen guten Leiter der Elektricität angezogen werden —, so würde ein so bewaffnetes Haus, wo auch der Blitz treffen möchte, vor Schaden gesichert sein. Die Blitzableiter werden im Allgemeinen von Metall, als dem besten Leiter der Elektricität, verfertigt. Die Form aber, in welcher hierbei das Metall angewendet wird, ist eine dreifach verschiedene. Entweder nämlich man bedient sich breiter dünner Metallstreifen, oder Stränge aus Metalldräh-

*) Dafür, daß der Blitz durch spitzige Stangen oft ganz abgewendet werde, scheint die Thatsache zu sprechen, daß der Kirchthurm auf den Luschariberge in Kärnthen, ehe er einen Blitzableiter erhielt, alle Jahre 5 bis 6mal getroffen wurde, seit 1780 aber, wo man ihn mit einem spitzigen Ableiter versah, in drei Jahren nur zweimal ohne alle Beschädigung getroffen wurde.

Digitized by Google

ten geflochten, oder endlich eiserner Stangen. Doch begründet diese Verschiedenheit der Form des angewandten Metalles keine wesentliche Verschiedenheit der Blitzableiter, indem sie im wesentlichen alle darin übereinkommen, daß sie jede in ihrer Art dem Wetterstrahle eine hinreichende Leitung geben müssen. Stangen aus einem andern Metalle als Eisen wird man nicht leicht anwenden, weil sie zu kostspielig sein würden. Bei jedem Blitzableiter sind mehrere Theile zu unterscheiden, nämlich 1) die Auffangestangen (wenn überhaupt solche angebracht sind), 2) die Leitung und 3) das Ende des Ableiters. Wir wollen nun im Folgenden über die beste Art der Verfertigung und Anbringung jedes dieser Theile sprechen.

1) Die Auffangestangen. Der Zweck der Auffangestangen ist zunächst den herabfahrenden Blitz auf sich zu ziehen, so daß nicht die umliegenden Theile des Gebäudes getroffen werden. Darum müssen dieselben die höchsten Theile des Gebäudes wenigstens 3 bis 5 Fuß überragen. Nach der Länge dieser Stangen, welche man in der Regel von Eisen zu nehmen pflegt, ist eine verschiedene Dicke derselben nothwendig. Man arbeitet die Stangen, namentlich die längeren so, daß sie am unteren Ende am dicksten sind und von da nach der Spitze pyramidenartig zulaufen, und dieses wird der Fall sein wenn man kürzere Eisenstäbe von etwa 2 bis 3 Fuß so zusammenschweißt, daß immer ein dünnerer auf einen dickeren folgt. Für eine Länge von 5 bis 8 Fuß sind Stangen von $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser stark genug. Stangen von 21 bis 27 Fuß müßten an dem unteren Ende 2 Zoll und drüber im Durchmesser haben und für noch längere Stangen würde auch eine noch größere Dicke nöthig sein. Da zunächst die Spitze der Stange den Blitz anziehen soll, so ist es wünschenswerth, daß dieselbe nicht mit irgend einem unmetallischen Stoffe überzogen sei. Da nun Eisen leicht rostet, so pflegt man die Auffangestangen mit 9 bis 10 Zoll langen kupfernen Spitzen, welche im Feuer vergoldet sind, zu versehen. Es sind auch Spitzen von Nickelkupfer vorgeschlagen worden, oder von Platin.

Das Ende der Auffangestange wird auf 18 bis 20 Zoll abgenommen und durch eine kegelförmige Messingstange ergänzt, welche an ihrem Ende vergoldet oder mit einer etwa zwei Zoll langen Spitze von Platina versehen wird. Diese Platinaspitze wird mit einem Schlagloth von Silber an der Kupferstange angelöthet und um jede noch etwa mögliche Trennung zu verhüten, wird die Verbindung durch einen kleinen Staucher von Kupfer noch verstärkt. Die Kupferstange und die Eisenstange werden mittelst eines Bolzens vereinigt, der in beide eingeschraubt und überdieß durch Stifte befestigt wird. Um die Verbindung durch die Schraube recht innig zu machen, kann man vor Eindrehung derselben um die männliche Schraube ein dünnes Bleiblättchen legen. — Statt der pyramidenartig zugespitzten Auffangestangen empfiehlt Gütle lanzenförmige Auffangespitzen, von denen er behauptet, daß noch nie eine vom Blitze beschädigt worden sei. Sie sind vielleicht wegen der größern Metallfläche, die sie dem Blitze darbieten, geeigneter zu unschädlicher Auffangung des Blitzes, als jene, bei denen es allerdings häufig vorgekommen ist, daß sie zerstört, geschmolzen oder auch in der Schraube abge-

Digitized by Google

brochen worden sind; in einem Falle wurde die kupferne kegelförmige Spitze 200 Schritt fortgeschleudert. Hierbei kann leicht Feuersgefahr durch das glühende herablaufende Metall entstehen. Deßwegen scheint es keinesweges zweckmäßig die Spitze sehr fein auslaufen zu lassen, sondern eine stumpfe (nur nicht mit einer Kugel versehene) Stange, die vergoldet sein kann, wird dem Zwecke entsprechen, ohne daß in so hohem Grade die erwähnte Gefahr stattfände.

Soll die Auffangestange sehr lang seyn, so kann man sie, um sie besser fortschaffen zu können, in zwei Stücken verfertigen und den obern Theil mit einem Zapfen versehen von 7 bis 8 Zoll Länge, um damit in den untern Theil gefügt zu werden. Der hohle Theil, welcher den pyramidenförmigen Zapfen aufnehmen soll, wird (nach Bigot) folgendermassen verfertigt: Ein starkes Eisenblech wird zu einem Cylinder aufgerollt und dieser mit der Stange zusammengeschweißt, hierauf vereinigt man mittelst eines Dorns von der Form des Zapfens und allmähliger Erhitzung seine Ränder sehr leicht, und gibt ihm sowohl innerlich als äusserlich die pyramidenartige Form. Diese Zerlegung der Auffangestange läßt aber wiederum befürchten, daß bei starken Schlägen der obere Theil herabgeschleudert werden könne. Am Fuße der Stange, etwas über der Dachforstlinie, pflegt man eine an die Stange angeschweißte Schiene anzubringen, um das längs der Stange herabfließende Regenwasser abzuleiten, und zu vermeiden, daß dasselbe in das Innere des Gebäudes einsickere. Die Befestigung der Stangen geschieht mittelst eiserner Federn, welche an die Stange angeschweißt sind, (Fig. 86.) und die an die Sparren des Daches angeschraubt oder mit Nägeln befestigt werden. Eine kürzere Säule von Holz pflegt neben der Stange aufgerichtet zu werden, um die letztere, welche an sie befestigt wird, vor Umwerfung durch den Wind zu sichern. Für längere Auffangestangen (von mehr als 8 F.), führt Bigot folgende Befestigungsart an:

Es seien ac und bc (Fig. 87.) eiserne Federn, von beiläufig 3 Fuß Länge, 1½ Zoll Dicke nnd 4 bis 6 Linien Breite, welche man so zusammen schweißt, daß sie die Gestalt einer Gabel haben, deren oberer Abstand 5 Zoll, der untere dagegen 6 Zoll beträgt. Dieser Gabel gibt man an dem einen Ende bei a mehrere viereckige, 3 bis 4 Linien weite und 2 Zoll von einander abstehende Löcher, woselbst die metallene Leitung angeschraubt wird. Soll diese auch auf der andern Seite fortlaufen, so werden bei b eben solche Löcher angebracht.

Bei Auffangestangen von größerer Länge als 6 bis 8 Fuß ist eine feste Verbindung derselben mit den Dachverbandhölzern um so mehr nothwendig und daher der Gebrauch von Pfählen, wozu man am liebsten Eichenholz nimmt, anräthlicher.

Der eichene Pfahl (Fig. 88.), auf welchem eine etwa 12 Fuß hohe Auffangestange aufsitzt, kann oben 5 und unten 6 Zoll im Durchmesser halten und von oben herab auf etwa 3 bis 4 F. rund, der untere Theil aber welcher 4 bis 5 F. betragen mag, viereckigt gearbeitet sein. In ihm läßt man die vorgedachten eisernen Federn auf den Seiten genau, hingegen der Tiefe nach nur so weit ein, daß sie um eine bis anderthalb Linien über das Holz hervorstehen. Hierauf werden 3

Digitized by Google

eiserne, einen Zoll breite und 3 Linien dicke Reifen c, c, c, durch Hammerschläge möglichst fest angetrieben, und durch mehrere eiserne Stifte welche man oberhalb jener Reife einschlägt, wird das Zurückweichen derselben verhütet.

Zu den Pfählen nimmt man ein wohl ausgetrocknetes Holz, welches mit Pech getränkt wird.

Man kann die Auffangestange auch an den Schornstein befestigen; dann wird sie mittelst der Kröpfung bei c (Fig. 89.) auf den Rand des Schornsteins gestützt und mit Nägeln bei bb befestigt.

Nicht immer werden indeß die Auffangestangen auf das Gebäude selbst angebracht, sondern man kann dieselben auch auf hohe, das Gebäude überragende Masten in der Nähe des Gebäudes anbringen, wo dann auch die Leitung unmittelbar an dem Maste heruntergeführt wird. Doch kann diese Einrichtung, wie in der Natur der Sache liegt, nur bei niedrigen und kleinen Gebäuden angebracht werden. Gewöhnlich bedient man sich derselben zum Schutze von Pulverhäusern. Bei Thürmen, welche ohnedieß in eine eiserne Spitze auslaufen, benutzt man die eiserne Spille als Auffangestange und pflegt zu dem Ende die oberste Spitze derselben, wie die einer Auffangestange zu vergolden.

Man nimmt an, daß eine Auffangestange in einem Umkreise dessen Halbmesser die doppelte Länge der Stange beträgt, Schutz leiste, d. h. daß sie einen bis in diesen Umkreis schlagenden Blitzstrahl auf sich ziehe. Hiernach wird die Zahl der auf einem Gebäude zu errichtenden Auffangestangen zu bestimmen sein; doch ist es immer besser zu viele als zu wenige Auffangestangen anzubringen. Es ist ferner gut, die Auffangestangen in der Nähe der hervorragenden Theile des Gebäudes, so wie in der Nähe der Giebel anzubringen, weil diese sonst am ersten vom Blitze getroffen werden. Endlich wird man Rücksicht auf die Umgebungen des Gebäudes zu nehmen haben, indem anstoßende höhere Gegenstände, oder hohe Bäume schon von selbst Schutz verleihen, also hier eine Auffangestange anzubringen unnöthig sein würde.

1) Die Leitung des Blitzableiters. Es ist schon oben bemerkt worden, daß eine Leitung, welche alle hervorstehenden Theile eines Gebäudes überzieht, die Auffangestangen ganz entbehrlich macht; eine Menge von Erfahrungen, wo der Blitz trotz der Auffangestangen das Gebäude selbst getroffen hat, läßt eine solche vollständige Leitung sogar vorzüglicher erscheinen, als die Vorrichtung mit Auffangestangen.

In einem von Trechsler bekannt gemachten Falle schlug der Blitz in ein mit zwei zugespitzten Auffangestangen versehenes Haus, das dadurch entzündet wurde und gänzlich abbrannte. Beide Auffangestangen waren auf der Dachforst auf die gewöhnliche Art an hölzernen 15 Fuß hohen Stangen befestigt, (das Eisen ging noch 15 Fuß höher hinauf), und standen in leitender Verbindung mit einander, zwar nicht unmittelbar auf dem Dache, aber an dem in einiger Entfernung vom Hause stehenden Pfahle, an welchen sie beide geführt waren, und von wo aus die Ableitung 3 — 4 Fuß tief in feuchte Erde versenkt war. Die Auffangestangen waren so angebracht, daß die eine auf der Hofseite

Digitized by Google

16 Fuß von der hintern, die andere 12 Fuß von der vordern Ecke der First abstand. Die First des Daches selbst war nach dem Risse 66 Fuß lang, der Abstand beider Ableiter von einander betrug also 38, der halbe Abstand 19 Fuß. Ueber den Gang des Wetterstrahles selbst war nichts mit vollkommener Gewißheit auszumitteln, indessen schien es nach allen Umständen, besonders nach der Stelle zu urtheilen, wo die Flamme zuerst ausbrach, (in den Ställen am hintern Theile) wahrscheinlich, daß der Wetterschlag den hintern Giebel getroffen hatte. Hier erstreckte also die Auffangestange ihren Schutz nicht einmal auf 16 Fuß.

Nur bei Stroh-, Schilf- und Schindeldächern sind stets Auffangestangen zu errichten, weil hier beim Anspringen des Funkens aus der Wolke leicht Entzündung stattfinden könnte. — Reimarus schreibt vor, über die ganze First des Daches von einem Ende des Dachrückens zum andern, auch über die Schornsteine, und wenn Ecken, Frontispize oder hervorstehende Altane daran befindlich sind, auch über deren Gipfel und Rand eine zusammenhängende Metallstrecke zu führen. Sehr selten schlägt der Blitz in die Fläche des Daches, nie in die Seitenwände eines Gebäudes ein*), und sind alle Kanten und vorstehende Punkte eines Gebäudes mit Metall bekleidet, so wird er stets nur diese treffen. Zu solch einer vollständigen Bewaffnung eines Gebäudes gegen den Blitz empfehlen sich am meisten Streifen von Metall, und zwar von Blei. Kupfer leitet zwar die Elektricität noch besser als Blei, ist aber in den meisten Fällen zu kostspielig, und Eisenblech ist wegen des Rostens zu wenig haltbar. Verzinntes Eisenblech soll nach Trechsler sehr lange sich halten, indeß würde die geringste Verletzung der Verzinnung zu Zerstörung des Eisens durch Verrosten Veranlassung geben. Um das Blei vor dem Verwittern zu bewahren, muß es mit einer guten Oelfarbe bestrichen werden. Wollte man diese Vorsichtsmaßregel vernachlässigen, so würde man sich dadurch der Gefahr aussetzen. Denn durch das Verwittern verliert das Blei an seiner Leitungsfähigkeit und dann können leicht, namentlich an denjenigen Stellen wo zwei Metallstreifen mit einander in Verbindung gesetzt sind, Platzungen, und durch diese Entzündung stattfinden. Dieß war 1815 zu Dortmund der Fall, als der Blitz in den Reinoldithurm schlug. Ein starker Wetterstrahl war eine große Strecke an den bleiernen Rinnen, die mit dem Hauptableiter in Verbindung gesetzt waren, hinabgelaufen, (an dem aus eisernen Stangen bestehenden Hauptableiter hatte man einen Funken von der Größe einer Faust herabfahren gesehen, und unten auf der Erde am Ende des Ableiters war alles mit Feuer übergossen) und hatte bei einer dieser Rinnen, die 1,5 F. breit und 45 F. lang war, siebenmal durchs Blei, und zwar gewöhnlich da, wo die Bleiplatten über einander genietet

*) Mit Ausnahme der Rückschläge (s. d. Art. Blitz), gegen welche aber überhaupt kein Blitzableiter Schutz gewährt. Wollte man gegen diesen Schutz haben, so müßte man um die Grundlage des Hauses eine Metallstrecke führen, was aber sonst gefährlich werden könnte, und wegen der Seltenheit der Rückschläge eine unnöthige Vorsichtsmaßregel wäre.

Digitized by Google

waren, geschlagen, und an einer Stelle gezündet. In dieser Rinne war viel altes verwittertes Blei, es hatte durchgeregnet und das Holz war faul und mürbe, auch waren die Rinnen mit Schnee und Eis angefüllt gewesen. Reimarus meint, daß Bleistreifen von 3 Zoll Breite auf Holz genagelt den Blitz unschädlich zur Erde leiten, zu völliger Sicherung kann man, wenn etwa wegen großer Metallmassen (Glocken u. dergl.) Anlockung nach dem Innern des Gebäudes stattfindet, an solchen Orten doppelt so breite Streifen nehmen.

Nachdem man den Metallstreifen über alle hervorragenden Theile des Gebäudes geführt hat, muß er auf dem möglichst kürzesten Wege zur Erde geleitet werden, doch braucht man hierbei eben nicht sehr genau zu sein, indem der Blitz den Metallstreifen nicht verlassen wird, wenn er auch von der senkrechten Richtung abweicht, im Falle daß er nicht etwa einen kürzer zum Ziele (welches die Oberfläche der Erde ist) führenden Leiter findet. Unnütz ist es den Metallstreifen durch untergeschobene Stützen vom Gebäude entfernt zu halten, man kann vielmehr das Metall unmittelbar an das Gebäude selbst befestigen. In der Regel ist Ein Streifen hinlänglich, um die obere Leitung mit der Erde in Verbindung zu setzen, nur in Fällen wo sich die Elektricität über große Metallstrecken ausdehnen kann, oder durch Metallmassen der Blitz leicht vom Ableiter abgezogen werden kann, ist es rathsam mehrere (breite) Streifen auf möglichst kurzem Wege herabzuführen. Alle irgend bedeutende Metallmassen, welche außerhalb des Gebäudes sich befinden müssen mit der Leitung durch einen Metallstreifen in Verbindung gesetzt werden. Reichen solche Metallmassen, (wie etwa Rinnen) nach der Erde herab, so sind sie mit dieser durch einen Metallstreifen in Verbindung zu setzen. Sind Metallmassen im Inneren des Gebäudes, so ist die Leitung möglichst weit von ihnen vorbeizuführen. So rieth Reimarus beim Anschariasthurme in Bremen die Ableitung nicht in der Nähe des Zifferblattes anzubringen, weil der Blitz sonst immer seinen Weg durch die Zeigerstangen genommen hatte; und in der That ist ein späterer Blitzstrahl auch der Ableitung gefolgt. Nach Reimarus wird nun die Leitung von Metallstreifen in folgender Art angebracht. Im Falle daß eine Auffangestange errichtet ist, wird um dieselbe am unteren Ende eine Bleiplatte gelegt und so angetrieben, daß sie wie mit einem Halsbande die Stange umfaßt. Um dieses wird ein eiserner Ring gelegt, der es fest an die Stange antreibt. Um die galvanische Wirkung der Feuchtigkeit hier, wo zwei verschiedenartige Metalle in eine so innige Berührung mit einander kommen, abzuhalten, ist ein reichlicher Ueberzug von Oelfarbe besonders nothwendig. Auf der First des Daches wird ein Bleistreifen 3 bis 6 Zoll breit angebracht, den man an die Giebelpfosten und Schornsteine mit großen Nägeln befestigt, an den Firstziegeln aber an alle ihre Fügungen antreibt, und mit kleineren, am besten bleiernen Nägeln in dem Kalke der Fugen befestigt. Die Stücke der Bleistreifen werden mit einem Falze an ihren Enden in einander gelegt, und mittelst mehrerer Nägel tüchtig vernietet. Solche Streifen werden auch über den Rand oder die Kappe der Schornsteine hingelegt und an der Seite herunter mit

Digitized by Google

dem Hauptstreifen verbunden. Mit dem Bleimantel der Auffangestange geschieht die Verbindung des Bleistreifens der First gleichfalls durch einen Falz, und ist die Auffangestange über dem Schornsteine errichtet (wie in Fig. 89.) so wird der Bleistreifen bis unterhalb dieselbe hinaufgeführt und ersterer durch Nägel an dieselbe und an den Schornstein befestigt. Die Strecke der Ableitung am Gebäude herunter wird ebenfalls von 3 bis 6 Zoll breiten Metallstreifen auswendig herabgeführt; die Stücke derselben werden beim Blei mit einem einfachen Falze zusammengetrieben, beim Kupfer aber entweder durch einen einfachen Falz vernietet, oder mit einem doppelten Falze, wie die Zeichnung darstellt, (Fig. 90.) in einandergelegt, und wohl zusammengetrieben, auch, wo die darunter liegenden Theile es zulassen mit Nägeln angeheftet. Der Falz muß aber bei heruntergehenden Streifen so gelegt werden, daß der Rand des obern Stückes einwärts, der des untern auswärts geschlagen sey. Wo die Ableitung frei über das Dach an einer Stelle, wo kein Winkel ist, oder wo sie nicht an dem Giebel anliegt, heruntergeführt werden muß, würden Bleistreifen oder einfache Kupferstreifen zu schwach sein. Man nimmt also dort einen Streifen aus doppelt gelegtem Kupferblech. Wo nun die Stücke desselben zusammengefalzt und vernietet sind, da wird ein dünner messingener Draht eingehaket, welchen man unter einem Dachziegel durchsteckt, und inwendig zur Befestigung um Nägel, welche in die Latten eingeschlagen werden, umwickelt. Diesen Draht kann man, wenn etwas am Dache auszubessern ist, leicht lösen, den Streifen abheben, und hernach alles wieder in Stand setzen.

Bei Stroh- und Schilfdächern, welche, wie oben gesagt, stets mit Auffangestangen zu versehen sind, darf man die Leitung nicht unmittelbar auf das Stroh oder Schilf anbringen. An beiden Enden des Daches, wenn es keine Giebelpfosten hat, sondern abgestützt und allenthalben mit Stroh bedeckt ist, wird eine Unterlage von Bretern angebracht, und darauf eine 4 Fuß lange oben stumpfe eiserne Stange befestigt. Von dem hölzernen Rande an, welcher die Stange nach allen Seiten ein Paar Fuß weit umgibt, wird ein breites Bret über das Stroh befestiget, dessen Ende noch über den Rand des vorragenden Strohs wenigstens einen Fuß weit hervorstehen muß, und von welchem ein anderes schräges Bret zur Wand hinabgeht. Auf diesem Brete wird sodann der bleierne oder kupferne Ableitungsstreifen, der mit der Stange wohl verbunden werden muß, angenagelt und weiter zur Erde herabgeführt. Eine gleiche Ableitung wird an dem anderen Ende von der Stange aus zur Erde geführt. Dieß reicht vollkommen hin, wo keine weitern Hervorragungen sich befinden, die eine Anlockung des Blitzes veranlassen könnten. Will man auch die First mit Metall versehen, so kann dieses, wo ein Paar Reihen Ziegeln am Dache liegen, auf gewöhnliche (oben angezeigte) Weise geschehen, bei einem bloßen Strohdache ohne Ziegelrücken muß über die ganze Länge der First ein Sattel von ein Paar Bretern wohl befestigt gelegt werden, auf deren Zusammenfügung sodann oben der Ableitungsstreifen angenagelt wird. Zur Befestigung der Breter am Strohdache bedient man sich am besten dünner eiserner, an den Enden mit Löchern versehenen Schienen (Fig.

Digitized by Google

91.), die durch das Strohdach durchgesteckt, mit dem einen Ende an dem untern Ende des Sattels der First, zu beiden Seiten eins ums andere in einem Zwischenraume von 4 Fuß, mit dem andern aber inwendig angenagelt werden. Durch ähnliche Schienen werden die herabgehenden Breter befestigt. Von einer solchen Metallbekleidung, die von einem Ende des Firstes zum andern reicht, darf dann nur irgendwo über die Seite des Strohdaches mittelst eines untergelegten Bretes ein Ableiter heruntergeführt werden, ohne daß es nöthig wäre, an beiden Giebelwänden eine Ableitung anzubringen, und wenn Dachziegeln auf der First liegen, so wäre auch, wenn das Gebäude nicht zu lang ist, eine Stange hinreichend. An einem Bauernhause, an welchem sich auf der First ein Schornstein befindet, muß jedoch allemal auch dessen oberer Rand mit Blei bedeckt, und davon ein Streifen auf untergelegten Bretern bis zur nächsten, am Ende des Daches stehenden Stange, oder bis zum Ableitungsstreifen geführt werden. In den Herzogthümern Schleswig und Holstein haben sich (wie Pfaff sagt) die auf vielen Wirthschaftsgebäuden, großen Kuhställen, Scheunen, u. s. w. nach dieser aus der Zeichnung (Fig. 92.) leicht kenntlichen Vorschrift angelegten Wetterableiter in einer langen Reihe von Jahren vollkommen bewährt.

Es ist schon gesagt worden, daß man sich zu Anfertigung der Leiter auch des Drahtes bedient, und zwar vorzugsweise des Messingdrahtes. Saussure empfahl dieselben so anzufertigen, daß aus drei Drähten von der Dicke einer Schreibfeder Seile geflochten würden. Vorzugsweise sind diese Ableiter in Baiern gebräuchlich, es haben sich jedoch mehrere Fälle ereignet, wo die Drähte durch den Blitz in glühenden Zustand versetzt, geschmolzen und auseinander gerissen worden sind, aber keine Entzündung veranlaßt worden ist. Der Grund dieser Erscheinung ist einzig darin zu suchen, daß in jenen Fällen die Drahtseile zu dünn waren und daher keine genügende Leitung gaben. In allen jenen Fällen bestanden die Drahtseile aus Messingdraht, von dem 13 Fuß auf ein bairisches Pfund gingen. Yelin hat deßwegen gerathen, die Messingseile so zu verfertigen, daß höchstens 10 baierische Fuß auf ein baierisches Pfund kommen. Es ist aber jedenfalls besser ein Seil aus mehreren dünnen Drähten zusammen zu flechten, als einen eben so stark ins Gewicht fallenden massiven Metallstrang anzuwenden, weil dieser leicht Brüche haben oder bekommen kann, ohne daß sie äußerlich ins Auge fallen, in denen er aber im Falle, daß ein Wetterschlag an ihm herabfährt, zerrissen werden würde. Auch dünnere Drähte können solche Brüche haben, aber es wird sich wohl nie treffen, daß an einer und derselben Stelle sämmtliche Drähte, die in einen Strang zusammengeflochten sind, brüchig sind, und daher wird das ganze Seil halten, selbst wenn einzelne Drähte nicht fest wären. Den Ableitern aus Eisenstangen sind die aus Messingdrähten beiweitem vorzuziehen, nicht allein sind sie wohlfeiler, sondern sie lassen sich auch weit leichter handhaben, fügen sich geschmeidig um alle Vorsprünge und Kanten an, geben dem Gebäude ein besseres Ansehen, und sind leichter zu tragen. Außerdem gehört gar keine besondere Vorrichtung sie

Digitized by Google

zu befestigen, und sie können leicht ausgebessert werden. Die einzelnen dünnen Drähte lassen sich leicht an einander löthen, und so kann daß ganze Seil eine beliebige Länge erhalten.

Vor den Ableitungen von Metallstreifen haben die von Metallsträngen den nicht unbedeutenden Vorzug, daß sie in einer ununterbrochenen Strecke fortlaufen, während die Metallstreifen ineinander gefalzt werden müssen, und allerdings in diesen Stellen eine Zerreissung durch den Blitzstrahl leichter möglich ist, besonders da bei den Falzen sich leicht Feuchtigkeit sammeln und die Oxydation der Metallstreifen befördern kann. Um die Drahtseile vor dem Oxydiren zu schützen, muß man sie mit Oelfarbe wohl überziehen, sonst wird bei den Drähten allerdings ihrer Construction wegen Oxydation leichter statt finden können, als bei Streifen oder Stangen. Böckmann hat Metallseile aus Eisendraht vorgeschlagen. Man soll 15 Eisenfaden zu einer Litze vereinigen und aus 4 dergleichen Litzen ein Seil bilden, welches alsdann einen Durchmesser von 7 bis 8 Linien besitzt. Um der Zerstörung durch Luft und Feuchtigkeit zuvorzukommen, wird jede Litze zuerst einzeln und dann noch überdieß das ganze Seil mit Theer bestrichen. Wegen des leichten Rostens des Eisens wird aber diese Art Seile immer am leichtesten der Zerstörung ausgesetzt sein.—Die Seile können um an den Gebäuden gehalten zu werden, durch Ringe die mit Nägeln in das Gebäude befestigt sind, gezogen werden.

Die Ableiter von Eisenstangen oder Eisenschienen sind die ältesten, aber am wenigsten empfehlungswerthen. Sie lassen sich nur schwer beugen, und bekommen dabei leicht Risse, die nicht in die Augen fallen, in welche sich aber leicht Rost ansetzt, der dann weiter um sich greift. In solchen Fällen findet dann leicht eine Zerreissung durch den Blitz statt. Die Auffangestangen werden durch 12 bis 13 Linien breite und 3 Linien dicke Eisenstangen mit einander in Verbindung gesetzt. Die Befestigung der Ableitungsstangen mit den Auffangestangen wird durch Ringe oder Bänder vermittelt, welche um die Auffangestange gelegt sind und die Ohren haben, in welche die Ableitungsstangen eingenietet oder eingeschraubt werden. Die einzelnen Eisenstangen werden je zwei und zwei mit einem Ende zusammengeschweißt, an den anderen Enden werden drei Löcher, 3 bis 4 Linien weit und 3 Zoll von einander abstehend, angebracht; mittelst Schrauben, welche durch diese Löcher gesteckt werden, verbindet man diese Stangen unter einander, bis die erforderliche Länge erreicht ist, Wo die Stangen auf diese Art über einander geschraubt werden, wird zu Herstellung einer innigen Verbindung ein dünnes Bleiblättchen zwischengelegt. Um auf dem Dache die Verbindungsstangen zu tragen, kann man sich am besten gabelförmiger Wandnägel bedienen (Fig. 93.). Die beiden Lappen dieser Nägel müssen so weit auseinander stehen, als die Stange breit ist. Die ganze Leitung wird mit Oelfarbe bestrichen.

3) Das Ende der Leitung. Da das Ziel des Blitzes die Oberfläche der Erde ist, so ist diese auch das Ziel, bis zu welchem die Leitung reichen muß. Da aber der Blitz sich vorzüglich in einer feuchten Oberfläche auszubreiten strebt, so sucht man die Leitung bis zu ir-

Digitized by Google

gend einer feuchten Umgebung fortzusetzen. Das Vorzüglichste ist daher bis zu einer offenen Wassermasse die Metallstrecke fortzuführen. Da jedoch dieses nicht immer möglich ist, so sucht man im Allgemeinen den feuchtesten Ort der Umgegend des Gebäudes auf, und leitet dort die Metallstangen in den Boden. Man kann an diesen Ort, welcher niedrig gelegen seyn muß, das Regenwasser zu leiten suchen. Jedenfalls muß das Ende der Ableitung eine Strecke von dem Gebäude weggeführt werden; und in 3 bis 4 zugespitzte Enden auslaufen, die unter der Oberfläche des Bodens liegen. Man pflegt dann, damit das Metall nicht durch die Feuchtigkeit sobald verdorben wird, ein Lager von Holzkohlen anzubringen, welche das Metall nach allen Seiten umgeben, und das Ganze mit Erde zu bedecken. Von Einigen wird gerathen, wenn kein Wasser in der Nähe sei, ein Loch von 9 bis 12 Fuß Tiefe mit dem Hohlbohrer zu machen und darein die Leitung zu versenken, indem man den Zwischenraum mit Holzkohlen ausfüllt. Da es aber gewiß ist, daß der Blitz nach der Oberfläche strebt und sogar Fälle vorgekommen sind, wo er durch eine Metallleitung unter die Oberfläche der Erde geführt, dann mit Gewalt sich einen Weg zurückgebahnt hat, so ist es unnütz und sogar gefärlich, die Leitung in die Tiefe zu führen. Selbst da, wo trockener Sandboden ist, und der Blitz allerdings durch diesen hindurch nach feuchteren Erdschichten geht, scheint eine Verlängerung der Leitung nicht nöthig, weil der Blitz von selbst nach den feuchten Erdschichten hingeht (Vergl. den Art. Blitzröhren). Ein ganz verderblicher Rathschlag ist der, welchen die Pariser Akademie gegeben hat, nämlich den Ableiter, wenn ein Brunnen im Innern des Gebäudes ist, durch die Mauern des Gebäudes in den Brunnen zu führen. Reimarus gibt den Rathschlag, die Blitzableiter nicht weiter als bis an die Oberfläche der Erde zu führen und mit einen etwa 1 Fuß vom Gebäude abstehenden Winkel endigen zu lassen, er erklärt sich aber gegen alle Versenkung derselben in die Erde.

Bei der Anfertigung von Blitzableitern muß man Rücksicht nehmen auf die Beschaffenheit der Gebäude, welche geschützt werden sollen. So z. B. bei Kirchen, welche mit einem Thurme versehen sind, wird der hoch angebrachte Ableiter des Thurmes die angebaute Kirche selbst großentheils schützen, und wenigstens wird nicht nöthig sein, die Kirche auf der Seite des Thurmes mit einer Auffangestange zu versehen. Bei Thürmen, welche in metallne Kreuze, Wetterfahnen u. dergl. enden, hat man nicht nöthig eine besondere Auffangestange anzubringen, sondern man befestigt die Leitung unmittelbar an das metallne Kreuz oder den metallenen Stab der Wetterfahne.

Pulvermagazine, Pulverthürme und alle Gebäude, welche sehr leicht entzündliche Körper enthalten, sind mit besonderer Vorsicht gegen den Blitz zu schützen. Man stellt deßwegen, um den Blitz außer aller Verbindung mit dem Gebäude zu bringen, hohe, dasselbe überragende Mastbäume in einer Entfernung von 6 bis 10 Fuß von dem Gebäude auf und versieht diese mit Blitzableitern, denen man eine mehr als gewöhnliche Stärke zu geben pflegt. Die Gebäude selbst aber müssen so gebaut sein, daß sie so wenig als möglich hervorragende Theile

Digitized by Google

haben, und daß am wenigsten große Metallmassen äußerlich an ihnen angebracht sind.

Reimarus ist indeß der Meinung, daß, da man nicht genau wisse, wie weit sich der Schutz eines solchen an einen Mastbaum befestigten Ableiters erstrecke, es rathsamer sei, sich derselben bei Pulvermagazinen nicht zu bedienen, sondern dieselben ganz eben so wie andere Gebäude gegen den Blitz zu bewaffnen, und nur mit vorzüglicher Vorsicht und Umsicht reichliche Leitung anzubringen. Befinden sich in den untern Theilen des Gebäudes Metallmassen, welche den Blitz anlocken könnten, so räth er in einiger Entfernung, etwa von 10 Fuß, einen Pfahl anzuschlagen, nach diesem vom Dache aus eine Leitung von Bretern zu legen, und über diese die Metallleitung zu führen.

Um Windmühlen gegen den Blitz zu schützen, räth Bigot, sowohl das äußere Ende eines jeden Flügels, so wie den Gipfel der Haube (bei holländischen Windmühlen, wo der übrige Theil des Gebäudes feststeht und nur der obere gedreht werden kann) oder des Daches (bei Bockwindmühlen) mit einer Auffangestange zu bewaffnen. Bei den Flügeln sollen die Auffangestangen nicht zu lang sein, damit nicht dieselben beim Umlaufe der Flügel an den Boden streifen. Man befestigt am obern Rande des unbeweglichen Gebäudetheils einen eisernen Reif und führt die Ableitung von der Auffangestange der Haube oder des Hutes bis an dessen Rand herunter. An diesem Reifen ist nun ein Lappen rechtwinklicht angeschweißet, mit dem die Ableitung durch Schrauben verbunden und sodann zur Erde heruntergeführt wird, der Fehler der Trennung des Ableiters wird hier durch die nahen Spitzen vermindert. Um eine noch größere Sicherheit zu bewirken und eine nähere Berührung der einzelnen getrennten Theile hervorzubringen, kann man an dem obern Theile der Ableitung gleich über dem angeschraubten Querstabe noch einen Arm anschweißen, und erst seitwärts und dann über den Rand der Haube herunterbiegen, ihn dann in einen gelochten Lappen endigen lassen, und ein mehrfach zusammengelegtes, unten wie eine Quaste eingeschnittenes, bis auf den Rand des Reifen herabhängendes Blatt von Rauschgold darauf legen. Dieses letztere wird dann mit einem Lappen von Eisen oder Blei belegt und das Ganze fest zusammengeschraubt. Die Anfertigung der Quaste von Metallfäden statt von Rauschgold ist vielleicht noch dauerhafter. Diese Quasten können, bei ihrem etwaigen Abnutzen durch Reibung und andere Umstände, leicht wieder durch neue ersetzt werden. Das Anfrieren derselben an den Reifen kann dadurch vermieden werden, daß man solche bis zur Wiederkehr der Gewitterzeit in die Höhe bindet und so eine nähere Berührung mit dem Reifen vermeidet. Von der Auffangestange eines jeden Flügels läuft über dessen Ruthe gleichfalls eine Ableitung bis zu dem Ringe der Welle herab, an welchen man dieselbe mit den übrigen verbindet. Unter dem Kopfe der Welle schraubt man an einen angeschweißten Lappen des vorgedachten Ringes einen nach oben gekehrten eisernen Arm, und an diesen einen Querstaab mit mehreren Spitzen, wovon die zwei äußeren etwas schief nach innen stehen, damit sie, so wie die mittleren, eine senkrechte Richtung nach dem Ringe der Welle haben. Endlich

wird die untere Ableitung von dem am unbeweglichen Theile der Mühle befestigten Reife nach dem Erdboden herabgeleitet.— Zu Anfertigung von Blitzableitern auf Krahne theilt Bigot folgende Rathschläge mit.

Auch bei den Krahnen stellen die beweglichen Dächer, Hüte u. s. w. derselben dem Zusammenhange der Blitzableiter Schwierigkeiten in den Weg, welche man zwar dadurch verhüten kann, wenn man die Ableitung im Innern desselben anbringt, denn da der Schnabel, Hut und Wendebaum fest zusammenhängen, so kann man die Ableitung von der auf dem Hute befestigten Auffangestange zum obern Theil des Wendebaums hinführen und längs desselben bis zu der eisernen Platte, an welcher die Spindel angegossen ist, herunterleiten. Auf diese Weise wird die Ableitung mit der in den Boden eingelassenen Pfanne, worin die Spindel sich dreht, in Verbindung gebracht. Wird hingegen die die Ableitung außerhalb am Krahne heruntergeführt, so läßt man ihn bis zum Rande des Hutes herunterlaufen und schraubt an deren Ende einen viereckigten 6 Zoll langen eisernen Stab mit 3 feinen, von dessen Unterfläche gleich weit ab befestigten 4 Zoll langen kupfernen Spitzen, an deren eine in die Mitte, die beiden andern an die Enden zu stehen kommen. Am oberen Rande des unbeweglichen Daches führt man einen 3 bis 4 Zoll davon abstehenden aus Schienen zusammengeschraubten Reif rings herum, so daß die vorerwähnten kupfernen Spitzen auf denselben senkrecht stehen. Hiernächst führt man die Ableitung von der Auffangestange, welche oben auf dem Hute befestigt ist, bis zu dem um den Rand des unbeweglichen Daches angebrachten eisernen Reifen, und versieht dieselbe mit ähnlichen Quasten, wie solches bei den Windmühlen angegeben worden, wonach dann die Ableitung, wie im Vorstehenden angeführt, nach dem Erdboden herabgeleitet wird. Es bleibt jedoch, bei der viel, umständlichern und schwierigeren Anbringung des Blitzableiters außerhalb des Krahnes, eine Fortleitung desselben im Innern zu bewirken, weit vorzüglicher und sicherstellender, indem in letzterem Falle keine Unterbrechung des Zusammenhangs statt findet.

Bei Schiffen muß, nach Reimarus, weil die obern Stangen durch den Mastkorb herabzulassen sind, die Ableitung von der Spitze des Mastbaumes bei den Seilen seitwärts heruntergeführt werden, und die Bequemlichkeit erfordert eine biegsame Zurüstung, die man abnehmen und zusammenpacken kann; dieses erhält man durch Ketten von dünnen messingenen, oder noch besser kupfernen Stangen, ohngefähr so dick als eine Schreibfeder, deren Glieder etwa eine Elle lang sind. Die Gelenke müssen aber nicht mit bloß umgebogenen Enden zusammengehaket sein, sondern wohl in einander schließende Gewinde haben, deren eines vorwärts, das andere seitwärts zu biegen wäre, weil bei geringerem Zusammenhange Funken und Anschmelzungen entstehen, welche den nahen Schiffseilen gefährlich sein könnten. Dann muß an dem Ende der obersten Maststange eine kleine Rolle befindlich sein, mittelst welcher, wenn ein Gewitter herankommt, das erste oben nicht scharf zugespitzte Glied der Kette so hoch aufzuziehen ist, daß es etwa einen Fuß über die Maststpitze hervorragt. Alsdann wird der Ableiter längs dem Seile, welches die große Maststange hält, heruntergeführt und daran hie und da mit

Digitized by Google

Bindstöcken befestigt, das unterste Ende der Kette aber läßt man über Bord ins Wasser hängen.

Man pflegt endlich die Blitzableiter, wo sie in der Oberfläche der Erde auslaufen, mit einem Gitter oder einer lebendigen Hecke zu umgeben, theils um die Ableiter vor Beschädigungen zu schützen, theils weil, wenn die Atmosphäre mit Elektricität geschwängert ist, Berührung des Ableiters gefährlich sein kann. Das Gitter wird passend einen Umfang von 5 bis 6 Fuß haben und man hat darauf zu sehen, daß sich im Innern desselben keine leicht entzündlichen Stoffe anhäufen, denn man hat die Gegend um das Ende des Blitzableiters bei einem Schlage der von demselben aufgefangen wurde, häufig wie mit Feuer übergossen gesehen.

Was den Kostenaufwand betrifft, den die Anlegung eines Blitzableiters erfordert, so ist derselbe sehr verschieden nach der Größe des Gebäudes, der verschiedenen Menge der anzulegenden Leitungen, und nach den verschiedenen Preisen des Metalls, dessen man sich bedient. Nach Bigot sind in Absicht des Gewichtes des Materiales im Durchschnitt folgende Verhältnisse anzunehmen: Eine eiserne Stange 10 Fuß lang, $\frac{3}{4}$ Zoll im Quadrat stark, wiegt etwa 21 Pfund; eine eiserne Schiene 10 Fuß lang, $1\frac{1}{2}$ Zoll breit und $\frac{1}{4}$ Z. dick etwa 14 Pfund; ein bleierner Streifen 10 Fuß lang, 5 Zoll breit und $\frac{1}{3}$ Zoll dick, etwa 43 Pf.; ein kupferner Streifen 10 F. lang, 2 Z. breit und $\frac{1}{8}$ Z. dick, etwa 12 Pf.; sein eiserner Draht 10 F. lang, $\frac{1}{4}$ Z. stark, etwa $1\frac{5}{6}$ Pf. Da nicht alles geschmiedete Eisen einerlei spezifisches Gewicht hat, in dicken Stücken nicht immer der ganzen Länge nach gleich stark fällt, auch die Schmiede kleinen Abweichungen von dem vorgeschriebenen Maaßen nicht immer genau ausweichen, so kann man 5 Procent am Verlust beim Gewicht zurechnen.

Die Preise des Arbeitlohnes bestimmt Bigot im Allgemeinen, wie folgt:

1) Die Zuleitungs- und Ableitungsstangen mit den nöthigen Zusammenplattungen und Schrauben anzufertigen, desgleichen solche auf der First, den Graden und an den Walmen, ferner an den senkrechten Wänden zusammenzuschrauben, wenn dieselben eine Breite von $1\frac{1}{2}$ Zoll und eine Stärke von $\frac{3}{8}$ Zoll erhalten, incl. Eisen pro laufenden Fuß 10 Sgr. Nimmt man also nun pro laufenden Fuß 2 Pfund an Gewicht, so ergiebt sich pro Pfund 5 Gr.

2) Diese Zuleitungen und Ableitungen bei einer Breite von $1\frac{1}{2}$ Zoll und einer Stärke von $\frac{1}{4}$ Zoll pro lauf. Fuß 7 Sgr. 6 Pf. Bei diesen Abmessungen rechnet man pro lauf. Fuß $1\frac{1}{2}$ Pfund an Gewicht.

3) Erhalten die Zu- und Ableitungen eine Breite von 2 Zoll und eine Dicke von $\frac{1}{3}$ Zoll, so wiegt der laufende Fuß $2\frac{1}{2}$ Pfund und man kann wegen der stärkeren Schrauben und des mühsameren Bohrens der Löcher das Pfund zu 5 Sgr. $7\frac{1}{2}$ Pf. annehmen, es kostet demnach der lauf. Fuß 14 Sgr.

4) Für das Köpfen der Eisen nach den Biegungen und für das mühsamere Befestigen an hohen Gebäuden und Thürmen kann man für den laufenden Fuß noch 3 Sgr. hinzurechnen.

Digitized by Google

Nach den in Berlin gewöhnlichen Preisen berechnet Bigot einen Blitzableiter mit 2 Auffangestangen und 433 F. Leitung von eisernen Schienen $1\frac{1}{2}$ Zoll br. und $\frac{3}{8}$ Z. stark zu 364 Rthl. Pr. C.; einen Blitzableiter mit einer Auffangestange und 60 Fuß Leitung von eisernen Schienen (so stark, wie die obigen) zu 74 Rthlr. Ein Blitzableiter von Strängen aus Messingdraht (8 F. auf 1 Pf.) auf das erste Gebäude würde dagegen nur $192\frac{2}{3}$ Rthlr., und auf das kleinere Gebäude nur $48\frac{1}{7}$ Rthlr. kosten.

Nach der vorstehenden Anleitung kann jeder Schieferdecker und Metallarbeiter die Herstellung eines Blitzableiters übernehmen. Es ist nur noch zu erinnern, daß man bei der Aufstellung von unten anzufangen habe, weil, wenn man von oben anfangend während der Arbeit von einem Gewitter überrascht würde, leicht das Gebäude Schaden nehmen könnte.

Tavernier hat in neuester Zeit eine Erfindung von ihm unter dem Namen Anti-Jupiter (v. d. griech. ἀντί gegen, wider, trotz, und Jupiter dem römischen Gotte, welchem der Blitz zugeschrieben wurde) bekannt gemacht, welche nichts anderes als ein riesenmäßiger Blitzableiter ist. Er besteht wesentlich aus drei Stücken: 1) einer hohen Säule, Obelisken oder Mastbaum, um den eigentlichen Ableiter zu tragen; 2) einer Krone von vergoldetem Rothkupfer 12 Fuß hoch, welche um einen metallenen Zapfen beweglich ist, und deren Spitzen schaufelförmig gekrümmt sind; 3) 1 bis 2 Ableitern von Rothkupfer, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser haltend. Die Ableiter empfangen die Elektricität, welche die Krone sammelt durch 4 Räder oder Wirbel, welche an den 4 letzten Seitenzacken der Krone angebracht sind. Der Obelisk, welcher den Ableiter trägt, muß in einer Höhe von 50 bis 100 F. die höchsten Gebäude des Ortes, welchen er schützen soll, überragen. Uebrigens ist die Wirkung dieses Anti-Jupiters auf Gegenstände, die sich ihm nahen, nach Tavernier's Aussage viel größer als die auch des stärksten Blitzstrahles, denn Tavernier erzählt, er habe gesehen, daß ein ungeheurer Elephant, der sich dem Ableiter während eines Gewitters näherte, in Staub verwandelt wurde. Der Anwendung des Anti-Jupiters steht nicht allein die große Kostbarkeit entgegen, sondern es würde derselbe auch in der That mehr Gefahr als Sicherheit bringen.

Großes Aufsehen haben die Blitzableiter von Stroh gemacht, welche La Postolle empfohlen, die aber durchaus gar keiner Berücksichtigung werth sind, indem sie nur ein Zeichen von der großen Unwissenheit ihres Erfinders sind, der sich herausnahm alle Physiker meistern zu wollen, während er selbst den größten Unsinn zu Tage förderte.

Es wäre sehr wünschenswerth, daß, wie in Stuttgart, überall eigene Commissionen niedergesetzt würden, welche die Aufsicht über die anzufertigenden Blitzableiter führten, weil, wie aus vielen der angeführten Beispiele hervorgeht, durch einen fehlerhaft angelegten Blitzableiter oft mehr Schaden als Nutzen gestiftet werden kann.

Digitized by Google

Blitzröhren sind röhrenförmige Körper, welche von dem Blitz durch Schmelzung oder Verglasung gebildet werden, wenn er auf seinem Wege nach der festeren Erdrinde auf Sandlager trifft. Fast alle Blitzröhren, welche man bis zu einer größeren Tiefe verfolgt hat, gingen zuletzt auf Wasserſammlungen, ſo alſo, daß, wenn wir den Blitz mit dem elektriſchen Funken vergleichen, die Wolke als Conductor, die Waſſerſammlung als Entlader und das über derſelben befindliche Sandlager als zwiſchenliegender Körper, welcher durch den überſpringenden Funken durchbohrt wird, zu betrachten iſt.

Die Blitzröhren beſtehen meiſtens aus ungleich langen und ungleich weiten, nach unten ſtark verengerten und endlich ganz ſpitz zulaufenden, zum Theil gekrümmten und mit mehr oder weniger Nebenäſten verſehenen Röhren, welche inwendig völlig verglaſet, nach außen bloß zuſammengeſintert, zuletzt mit angeklebten eine ſehr raue Oberfläche bildenden Sandkörnern überzogen ſind und eine ſchwärzliche oder perlgraue, zuweilen eine röthliche, in den verglaſeten Theilen auch eine grünliche Farbe haben. Häufig iſt die Oeffnung der Röhre ganz geſchloſſen, namentlich, wenn dieſelbe (durch den Druck des umliegenden Sandes) platt gedrückt iſt, ſo daß es völlig maſſive Theile von Blitzröhren gibt. Ihr Durchmeſſer beträgt $\frac{3}{4}$ bis 20 par. Lin., die Dicke der Wände $\frac{1}{4}$ bis 11 Lin., die Länge etwa 20 bis 35 Fuß (nach den örtlichen Umſtänden verſchieden), mit Seitenäſten von 1 Zoll bis 1 Fuß Länge. Da die Blitzröhren durch Glühen und Schmelzen des Sandes entſtehen, dabei aber ringsum von feuchtem und kaltem Sand umgeben ſind, ſo erkalten ſie ſehr ſchnell und erhalten dabei eine Menge von Sprüngen, ſo daß ſie beim Ausgraben in Stücke von $\frac{1}{4}$ Zoll bis zu einigen Zoll Länge zerfallen. Dünnwändige Blitzröhren ſind auswendig und inwendig beſſer gerundet, und haben weniger Sprünge (wie ja auch z. B. dünne Glasgefäße beim Erkalten minder leicht ſpringen als dicke).

Daß nun die beſchriebenen Röhren wirklich durch den Blitz gebildet werden, ſcheint ausgemacht. So erzählt Pfaff, als der Blitz auf der Inſel Amrum im Schleswigſchen einſchlug, hätten in der Nähe befindliche Matroſen ſogleich nachgegraben und die Blitzröhre aufgefunden. Eben ſo fand Hagen am Fuße eines Birke zu Rauſchen in Oſtpreußen, an welcher der Blitz heruntergefahren war, zwei Löcher in dem groben die Birke umgebenden Sande, deren eine in der Tiefe von etwa einen Fuß zu einer Blitzröhre wurde. Dieſelbe endete an einer unter dem Sande befindlichen Lehmſchicht. Schon vom Jahre 1798 wird von Whitering erzählt, daß, als der Blitz einen Mann, der unter einem Eichbaume ſtand, getödtet hatte, an dem Stocke deſſelben in die ſandige Erde gefahren iſt; und als man ſpäter an dieſer Stelle nachgrub, fand man 12 Z. unter der Oberfläche drei Stücke geſchmolzenen reinen Quarzſandes, wovon zwei röhrenförmig und inwendig verglaſet, ja ſogar bis zum Herabfließen eines Theiles der Maſſe geſchmolzen waren.

Im J. 1829 ſchlug der Blitz bei Braunſchweig in der Nähe eines Schäfers ein; an der vom Schäfer bezeichneten Stelle wurde nachgegraben, und man fand in einer Tiefe von 1 F. mehrere Stücke

Digitized by Google

von Blitzröhren. Am meisten wird aber die Entstehung dieser Röhren durch den Blitz beglaubigt durch die Versuche, welche Hachette, Savart und Beudant gemacht haben, ähnliche Gebilde mittelst des elektrischen Funkens herzustellen. Es ist ihnen nämlich gelungen mittelst der stärksten Pariser Elektrisirmaschine Blitzröhren aus Glaspulver herzustellen von 25 bis 30 Millimeter Länge, $4\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter äußerem und 2 bis $\frac{1}{2}$ Millimeter innerem Durchmesser. Diese kleinen Gebilde haben vollkommene Aehnlichkeit mit den großen des Blitzes.

Zuerst ist von Blitzröhren Nachricht gegeben worden durch den Prediger Herrmann in Massel in Schlesien, welcher in der Gegend von Massel im J. 1706 solche Gebilde gefunden hat. Derselbe hat jedoch nicht den Grund ihrer Entstehung erkannt, indem er dieselbe vom Einfluß unterirdischer Feuer, deren Vorhandensein er nur vermuthete, hergeleitet.

Hentzen entdeckte um das J. 1796 Blitzröhren in der Senner Heide in Westphalen, und 1801 scheint er die erste Röhre am Ort ihrer Entstehung gefunden zu haben. Derselbe, so wie Blumenbach erklärten sie für Erzeugnisse des Blitzes, und seitdem wurden die Physiker aufmerksamer auf dieselben. Man hat sie an mehreren Orten entdeckt. So im Jahre 1812 bei Drigg in Cumberland, wo drei Röhren senkrecht aus dem Sande heraufstanden (vermuthlich weil der Wind einen Theil des sie umgebenden Sandes weggeweht hatte, wie auch bei den Röhren bei Massel bemerkt worden war). — Auf der Senner Heide entdeckte Fiedler noch mehrere Blitzröhren. — Auch bei Pillau in Preußen, auf der Nietleber Heide bei Halle, in der Bantelge im ehemaligen Bisthum Münster, in der Nähe von Dresden, bei Zankendorf ohnweit Malaczka in Ungarn, am Regenstein bei Blankenburg hat man Blitzröhren gefunden. Eine der bei Dresden durch Fiedler gefundenen Blitzröhren wird im Museum der Naturgeschichte zu Dresden aufbewahrt. Sie besteht aus 337 einzelnen Stücken, und rechnet man die Seitenäste mit aus 400 Stücken. Die Länge der Röhre beträgt 8 Ellen $5\frac{3}{4}$ Zoll, mit Hinzurechnung ihrer Krümmungen über 10 Ellen $16\frac{1}{2}$ Z.; der Durchmesser derselben beträgt oben $\frac{3}{8}$ Z., endigt sich aber wie eine schwache Krähenfeder. Merkwürdig an dieser Röhre ist, daß nach jeder, sie wie ein Ring oder Wulst rundumgebender, Knorrenbildung die Röhre etwa $\frac{3}{8}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll weit rundlich, und etwa nur halb so stark, wie der Knorren, fortsetzt, bis entweder wieder ein solcher Knorren folgt, oder ihre Außenflächen wieder zackig werden. — Eine sehr merkwürdige Beobachtung hat Ribbentrop an den von ihm am Regensteine bei Blankenburg aufgefundenen Blitzröhren gemacht. Dort hat nämlich der in den Sand eindringende Blitz einen eisenschüssigen Knoten getroffen, und hier ein Röhrenstück von einer schwärzlichbraunen Glasmasse gebildet, welche bedeutend auf den Magnet wirkt. Diese Kraft muß der Blitz hervorgebracht haben, weil die in dem Sande vorkommenden Eisenmassen (nach Ribbentrop) nicht auf den Magnet wirken. Ribbentrop führt zwei Fälle an, wo er diese Erscheinung beobachtete. — In den sandigen Ebenen von Bahia in Brasilien haben sich ebnfalls Blitzröhren gefunden. Sie zeigen das Eigenthüm-

Digitized by Google

liche, daß sie nicht hohle Röhren, sondern tiefgefurchte kantige Stücke darstellen, und daß die Sandkörner viel stärker verglaset und in einander verschmolzen sind, so daß der Bruch zusammenhängend und glasartig erscheint, fast wie am Hyalit, dem sie auch an Farbe und Durchsichtigkeit nahe kommen, und daß auch die vorstehenden Ecken der Körnchen wie abgeschmolzen aussehen. Wenn man sie fallen läßt, geben sie einen hellen Ton wie Glas. — Auch in Afrika, am Südrande der Wüste Sahara im Thale Dibla, haben in den J. 1822 bis 1824 Denham, Clapperton und Oudney Gebilde gefunden, welche von König (Director des brittischen Museums) für Blitzröhren anerkannt worden sind. Nur die Verschiedenheit des Sandes ist Grund zu wenigen Abweichungen dieser Blitzröhren von den in England gefundenen. Sie sind in ihrer Structur gleichartiger und reiner, einige derselben durchscheinend und farblos. Andere waren hellgrün, hier und da mit weißen Flecken von halbgeschmolzenen Sandkörnern gezeichnet, auch mit einer Oberfläche, die entweder glatt anzufühlen, oder mit schneeweißen, matten, in die verglaste Masse eingedrückten Sandkörnern besetzt war.

Schon Fiedler hatte bei einer der bei Dresden von ihm aufgefundenen Blitzröhren, und zwar gegen das Ende zu, braune vegetabilische Fasern bemerkt, die von oben nicht eingedrungen sein konnten, weil weiter oben die Röhre an manchen Stellen gänzlich zusammengeschmolzen war. Ribbentrop bemerkte bei den Blitzröhren am Regenstein ähnliches. Sie bestehen aus halbverkohlten Pflanzentheilen, welche vom Blitze wahrscheinlich mit fortgerissen wurden, als er in seinem Wege auf Wurzeln und dergl. traf. — Außer den eigentlichen Blitzröhren kommen auch noch andere mineralische Gebilde vor, welche durch den Blitz erzeugt worden sind, wenn er in seinem Wege auf Mineralien stieß. Solche Verglasungen beobachtete Saussure an dem Hornblendeschiefer auf dem Montblanc. Diese Erscheinungen waren ähnlich denen, welche sich auf Ziegelsteinen zeigen, welche vom Blitze getroffen sind, auch hatte Saussure beim Zersprengen eines Stückes Hornstein durch Entladungsschläge einer starken Batterie bemerkt, daß die auseinangerissenen Flächen mit glasigen, theils zerplatzten offenen, theils ganzen durchsichtigen Bläschen bedeckt waren. — Aehnliches fand Ramond am Glimmerschiefer des Pic du Midi, am Stinkkalke des Montperdu und am Klingsteinporphyr des Roche Sanadoire im Departement Puy de Dome, und von vorzüglicher Schönheit Humboldt am röthlichen Trachytporphyr des Nevado de Toluca 14226 F. hoch über dem Meere.

Blut. Diese das thierische Leben bedingende Flüssigkeit wird aus der Nahrung bereitet, und geht verschiedene Grade der Bildung durch, bis es endlich in den Blutgefäßen ganz vollendet erscheint. Das rothe Blut der Säugethiere, Vögel, Amphibien und Fische hat große Aehnlichkeit, die Thiere niederer Classen haben weißes Blut. Das Blut der Säugethiere wird unterschieden in arteriöses und venöses: jenes findet sich in den Schlagadern oder Arterien, dieses in den Blutadern oder Venen. Das Blut hat einen eigenthümlichen thierischen Geruch, einen etwas salzigen Geschmack, 90 bis 100 Grad Fahrenh.

Digitized by Google

Wärme und ist specifisch schwerer als Wasser. Das venöse Blut ist schwarz- oder braunroth und schwächer von Geruch als das hellrothe arterielle Blut. — Dem aus der Ader gelassenen Blute entsteigt ein riechender Dunst, der Blutdunst, oder das Blutgas, welcher in der Kälte tropfbar wird. Die übrige Masse trennt sich so ziemlich zu gleichen Theilen, in einen dunkelrothen festen Theil, den Blutkuchen, und in einen schleimigen wäßrigen, das Blutwasser oder Serum. In dem Blutwasser werden kleine, runde, elliptische, aber immer platte Körperchen, Blutkörperchen, Blutkügelchen oder Blutbläschen schwebend erhalten, die einzeln durchsichtig sind, in Masse aber roth aussehen. Diese Blutkörperchen sind offenbar zusammengesetzte Körper; sie enthalten (bei den Amphibien, Fischen, Vögeln und Säugethieren) Kerne, welche nach Einigen die Elemente der Fasern sein sollen. Der runde und elliptische Kern wird von einer dicken, weichen, wahrscheinlich vom Färbestoffe des Blutes gebildeten Hülle umgeben, welche sich beim Gerinnen des Blutes vertheilt und den Kern herausläßt. Dieser Färbestoff der Blutkörperchen löst sich im Wasser auf, nicht aber im Serum des Blutes, ohne Zweifel, weil in diesem Salze aufgelöst sind. Die Blutkörperchen haben $\frac{1}{3000}$ bis $\frac{1}{5000}$ Pariser Zoll Durchmesser und sind im arteriösen, wie im venösen Blute von gleicher Größe und Form. — Im Blutkuchen unterscheidet man den Faserstoff und ein färbendes Princip, das Blutroth. Er ist roth, schwimmt im frischen Blute unter der Form der oben beschriebenen Kügelchen. Der Faserstoff beträgt nach Berzelius nicht über 0,75 in 1000 Theilen Blut, doch ist das Verhältniß im arteriellen Blute immer größer als im venösen. Im Feuer behandelt enthalten 100 Theile Blutroth nach Berzelius: 50,0 Eisenoxyd; 7,5 basisch phosphorsaures Eisen, 6,0 phosphors. Kalk mit etwas phosphors. Talk, 20,0 reinen Kalk und 16,5 Kohlensäure. Das Blutwasser ist klar, gelblich, schwach salzig und besteht nach Berzelius aus 905,0 Wasser, 80,0 Eiweißstoff, 6,0 salzs. Kali und Natron, 4,0 milchs. Natron mit thierischer Materie, 4,1 Natron, phosphors. Natron und wenig thierischer Materie. Durch Schütteln oder Schlagen kann man das Blut in flüssigem Zustande aufbewahren, es scheidet sich dann nur ein Theil gefärbter Faserstoff in langen Fäden aus. Zu bemerken ist endlich noch, daß sich im Blute überhaupt alle entfernteren Bestandtheile des menschlichen Körpers befinden.

Bor, Boron ist ein einfacher, nicht metallischer Stoff, welcher zu gleicher Zeit von Davy in England und von Gay-Lussac und Thenard entdeckt worden ist, und stets nur in Verbindung mit Sauerstoff als Boraxsäure vorkommt. Es ist ein undurchsichtiges dunkel bräunliches etwas ins Grüne ziehendes Pulver, welches geruch- und geschmacklos, in Wasser und Weingeist unlöslich und schwerer als Vitriolöl ist. Es wird durch Erhitzung mit Kalium aus verglaster Boraxsäure gewonnen. Wenn man es bis zu 240° R. erhitzt, so entzündet es sich und verglimmt sehr lebhaft mit einem röthlichen Feuer, wobei es Funken wie Kohlenpulver wirft. Noch leichter als an der freien

Digitized by Google

Luft entzündet es sich in Sauerstoffgas. Dabei bildet sich Borarsäure und ein Theil Bor bleibt unverbrannt zurück. Diese findet sich frei als Sassolin in einigen heißen Quellen Italiens. An Natron gebunden kommt sie als roher Borax, Tinkal vor. Die Borarsäure krystallisirt in perlemutterartig glänzenden, durchscheinenden, weißen, sechsseitigen Blättchen, ist geruchlos und gering an Geschmack. Wenn man sie erhitzt, so verliert sie ihr Krystallwasser, und fließt endlich zu einer farblosen, durchsichtigen, nach dem Erkalten glasartigen Masse, welche feuerbeständig ist. Die Borarsäure ist im Wasser löslich, desgleichen in Weingeist und brennt entzündet mit zeisiggrüner Farbe. Mit Basen bildet sie die borarsauren Salze, welche im Wasser schwer oder gar nicht löslich sind. Außerdem verbindet sich das Boron mit Stickstoff, Chlor, Fluor und Schwefel.

Brandung, Brecher, heißt die Anhäufung und Brechung der Meereswellen an Klippen und am Ufer des Meeres. Die Wellen, welche in schneller und wegen ihrer Masse und Schnelligkeit heftigen Bewegung sind, finden namentlich bei steilen und felsigen Küsten einen Widerstand, den zu überwinden sie nicht im Stande sind. Jede folgende Welle drängt die vorhergehende, und sobald diese aufgehalten wird, hebt sie dieselbe empor bis sie sich überstürzt, worauf die gehobene Wassermasse in Gestalt von kleineren Wellen über die neu ankommenden zurückrollt. Diese Erscheinung des Zurückrollens der Wellen heißt Widersee. So kommt es, daß sich die Wellen bei der Brandung häufig bis zu einer Höhe von 15, 20 ja 50 Fuß erheben. Bei flachen Ufern, oder, wenn die See stark bewegt ist, werden häufig die Wellen aufs Land geworfen. Durch die Brandung wird, wie in der Natur der Sache liegt, ein großes Getöse hervorgebracht, welches, besonders bei der Stille der Nacht, Meilen weit gehört wird. Es unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Brausen des Meeres durch einen vollern Ton. Den Seeleuten ist die Brandung besonders gefährlich, indem jedes größere oder kleinere Fahrzeug, welches in sie hineingeräth, fast in allen Fällen zertrümmert wird. Es sind Fälle vorgekommen, wo Schiffe durch die Brandung geradezu umgedreht worden sind, so daß das obere Ende des Mastes im Sande steckte, während das untere Ende durch den Kiel getrieben war. Am stärksten ist die Brandung in den tropischen Meeresgegenden, besonders im Indischen Ocean.

Brechbarkeit ist die Eigenschaft des Lichtes, beim Durchgange durch einen Körper eine andere Richtung anzunehmen, als in der es sich vor dem Eintritte in denselben fortpflanzte, also gebrochen zu werden, s. d. Art. Brechung. Besonders bemerkenswerth ist aber die Erscheinung, daß das weiße Licht, wenn es gebrochen wird, in farbige Strahlen zerlegt wird, so daß jeder weiße Lichtstrahl aus farbigen Strahlen zusammengesetzt erscheint, welche, da sie von verschiedener Brechbarkeit (bei demselben Mittel) sind, bei der Brechung gesondert erscheinen. Aber auch wenn einfarbiges Licht gebrochen wird,

Digitized by Google

erscheint der rothe Lichtstrahl weniger brechbar als der blaue; und wenn man z. B. einen rothen kleinen Körper durch das Prisma betrachtet, so sieht man ihn in geringerem Abstande von seinem wahren Orte, als einen daneben liegenden blauen. Hierher gehören folgende Versuche von Newton. Man theile ein Rechteck von schwarzem Papiere durch eine Linie, wie (Fig. 94.) AB in zwei Hälften, dann färbe man die eine Hälfte schön roth, die andere schön indigoblau. Hält man nun das Prisma so, daß seine Kanten parallel der getheilten Seite sind, und sieht durch dasselbe AB an, so erscheint, wenn der brechende Winkel nach unten gekehrt ist, der blaue Theil viel weiter nach unten gerückt als der rothe, wie es Fig. 95. darstellt. Von diesem Versuche theilt Brandes zwei die Sache sehr einleuchtend machende Abänderungen mit. Er sagt: Ich will noch zwei andere Abänderungen dieses Versuches anführen, die mir sehr überzeugend scheinen. Den ersten habe ich mit den brennend rothen Blumenblättern der Lychnis chalcedonica und den ziemlich rein blauen Blättern der Convolvulus tricolor angestellt, aus welchen ich Streifchen schnitt und sie (möglichst geebnet) auf schwarzem Grunde so auf einander legte, (F. 96.) daß der blaue Rand abcd oben vorragte, während bei ef nichts blaues zu sehen war; besieht man diese Streifen durch das Prisma mit nach unten gekehrten brechendem Winkel, so sieht man, wenn ac nicht über $\frac{1}{3}$ Linie breit ist, oben gar nichts blaues mehr, sondern ghik ist roth, und hat unten (wenn auch ee nicht über $\frac{1}{2}$ Linie ist) einen blauen Rand. Da nun das Blatt der Lychnis so reines Roth ist, daß man, wenn es allein auf Schwarz liegt, schwerlich eine Spur von blauem Rande entdecken wird, so kann der Rand kiml nur von dem stärker gebrochenen Blau herrühren. Wäre der rothe Streif breiter, so sähe man das Blau auf dem Roth, wo es dann eine gemischte Farbe darstellte. Die zweite Abänderung des Versuches ist folgende: man lege auf das rothe Parallelogramm (F. 97.) ein blaues kleines Blättchen so, daß es rundum von Roth umgeben ist; man betrachte nun die Figur durch das Prisma, so erscheint die Stelle, wo das blaue Blättchen liegt, völlig schwarz, dagegen sieht man weit unterhalb (wenn das rothe Parallelogramm groß genug und der brechende Winkel nach unten gekehrt ist) das blaue Blättchen auf dem Roth. Hier nämlich kommen, durchs Prisma gesehen, die rothen Strahlen von a, b so ins Auge, daß man sie als aus a′, b′ kommend sieht; aber da das blaue Viereck zwischen ab keine (oder unmerklich wenige) rothe Lichtstrahlen darbietet, so hat der Raum zwischen a′b′ gar keine Farbe, sondern ist schwarz (es kommt in dieser Richtung gar kein Licht ins Auge), das Blau erscheint dagegen bei gd auf dem Roth. — Der Versuch würde noch überzeugender sein, wenn er mit Roth auf Blau eben so vollkommen glückte, was aber bei der mindern Reinheit des Blau nicht möglich ist. Am besten gelingt er noch, wenn (F. 98.) man ein rothes Blättchen cd so auf blauen Grund legt, daß d in der untern Seitenlinie liegt, dann sieht man durchs Prisma das Roth etwa in gd, dagegen ist bei ef ein fast ganz schwarzer Einschnitt.

Die verschiedene Brechbarkeit des verschiedenfarbigen Lichtes tritt schon

Digitized by Google

deutlich hervor bei der Entstehung farbiger Strahlen aus den weißen durch Brechung.

Wenn man in ein verdunkeltes Zimmer durch ein kleines Loch im Fensterladen Licht einfallen läßt, so geht das Licht von dem kleinen Loche an auseinander, und wenn man eine Tafel der Oeffnung gegenüber senkrecht aufstellt, so erscheint auf derselben ein erleuchteter runder Fleck. Der Grund hiervon ist leicht einzusehen; denn wenn (Fig. 99.) AB die Sonne, O die Oeffnung, durch welche das Licht geht, ist, so geht das Licht von A über O in gerader Linie (s. Beugung) hinaus in der Richtung OD und das Licht von B über O hinaus in der Richtung OC, und es erscheint auf der Wand W ein erleuchteter runder Fleck vom Durchmesser CD. In O geht nicht ein Strahl durch, sondern daselbst kreuzen sich eine unendliche Menge von Lichtstrahlen. Läßt man nun den in das dunkle Zimmer eintretenden Lichtkegel, ehe man ihm eine senkrechte Wand entgegenstellt, durch ein Prisma gehn, so nimmt der erleuchtete Fleck auf der entgegengestellten Ebene eine längliche Gestalt an, und zugleich erscheinen eine Reihe von Farbenbildern, von denen immer eines auf das andere folgt. So daß z. B. wenn (F. 100.) der bei F einfallende Lichtstrahl, ohne daß ein Prisma vorgestellt wird, den runden Fleck S auf der Wand W weiß beleuchtet, nachdem das Prisma P vorgestellt worden, den länglichen oben und unten zugerundeten Fleck VR, der alle Farben zeigt, auf der Wand W hervorbringt. Die Erscheinung ist leicht erklärlich, wenn man annimmt, daß das weiße (Sonnen-) Licht aus allen diesen farbigen Lichtern zusammengesetzt sei, welche, da sie von verschiedener Brechbarkeit sind, durch das Prisma auseinander gerückt werden. Man unterscheidet namentlich folgende 6 Farben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett. Alle diese Farben erscheinen, eine in die andere übergehend, an dem farbigen Bilde, in welches mittelst des Prisma's der runde weiße Fleck verwandelt wird. Daß die farbigen Strahlen wirklich zusammen den weißen Strahl ausmachen, sieht man auf das Bestimmteste daraus, daß, wenn man die gebrochenen (farbigen) Strahlen sämmtlich auf eine Linse fallen läßt, das auf diese Weise gesammelte Licht wieder weiß ist. Denken wir uns die Sonne entsendete nicht weißes sondern rothes Licht, so würde durch die Brechung mittelst des Prisma's weder die Gestalt, noch die Farbe, sondern nur die Stelle des rothen Bildes an der auffangenden Wand verändert werden, es falle dasselbe z. B. auf den Kreis um r (F. 101.). Wäre die Sonne orange, so würde das Bild ebenfalls orange und rund sein, aber wegen der größern Brechbarkeit des orangen Lichtes etwas tiefer fallen, etwa auf den Kreis um o. So würde je nachdem die Sonne gelb, grün, blau, violett wäre, auch das Bild derselben tiefer und tiefer fallen, auf die Kreise um g, gr, b, v. Da nun aber in der Wirklichkeit das Licht der Sonne weiß ist, so wird das Prisma die Wirkung hervorbringen, als wenn zugleich eine rothe, eine orange, eine gelbe, eine grüne, eine blaue und eine violette Sonne herein schien, und das Bild der Sonne wird die längliche Gestalt von rv haben, eine Farbe wird auf die andere folgen, und wo zwei oder (bei geringerer Brechung

Digitized by Google

als in der Zeichnung, mehrere) Farben auf einander fallen, werden Uebergangsfarben statfinden. Werden die verschiedenfarbigen Bilder weniger weit von einander gerückt, so können wie in Fig. 102. alle Farben theilweise auf einander fallen, und wo dieß in w der Fall ist, wird Weiß entstehen.

Wenn man das Licht durch farbige Gläser gehen läßt, oder durch farbige Flüssigkeiten, so wird durch diese nur Eine bestimmte Farbe des Lichtes hindurchgelassen, und das einfarbige Bild der Sonne fällt nun in der That dahin, wohin es fallen muß, wenn die obige Erklärung richtig ist. Es wird die Brechbarkeit des Lichtes in farbige Strahlen noch durch eine Menge von Versuchen bestätigt, welche unter dem Art. Farbe (vergl. auch Licht) angeführt werden. Wir führen nur noch ein von Newton angewendetes Mittel an, zu untersuchen, ob der einfarbige Strahl des zerlegten Sonnenlichtes noch weiter durch das Prisma in Farben zerlegt werde. Zu dem Ende lasse man durch eine Oeffnung O (Fig. 103.) in der Wand W einen Sonnenstrahl SO in ein dunkles Zimmer fallen, der eingefallene Strahl werde durch ein Prisma P gebrochen, so stellt sich auf der gegenüberstehenden Wand W' das längliche Sonnenbild bei O' dar mit allen 6 Farben. Macht man nun in diese Wand W' wieder ein kleines Loch O' so, daß auf dieses nur eine Farbe (z. B. roth) fällt, so dringt durch O' ein (rother) Strahl, und wirft ein rundes einfarbiges (rothes) Bild bei O'' auf die Wand W'', in diesem Farbenbilde mache man nochmals ein kleines Loch O'' in die Wand W'', breche hinter W'' mit dem Prisma P' den (rothen) Strahl, es wird sich auf der Wand W'' immer nur ein einfarbiges (rothes) Bild bei B zeigen, und wenn der Einfallswinkel des Strahles in P' gleich dem Austrittswinkel ist, so wird das Bild bei B rund wie die Oeffnung O'' sein. Dreht man langsam das Prisma P herum, so daß eine Farbe nach der andern auf die Oeffnung O' kommt, so werden gleichzeitig anders und anders gefärbte Bilder auf W''' bei B fallen. Hier sieht man aber wieder, daß die verschieden gefärbten Strahlen ungleich brechbar sind. Denn indem sie durch das Prisma O' gebrochen werden, wird das Bild bei B herauf- und herunterrücken, je nachdem die farbigen Strahlen mehr oder weniger brechbar sind.

Nach allen Versuchen folgen sich die farbigen Strahlen in ihrer verschiedenen Brechbarkeit auf einander, wie folgt: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett und zwar ist das Roth am wenigsten brechbar.

Genauer ist die Verschiedenheit der Brechbarkeit der verschiedenen Farbenstrahlen bei verschiedenen Körpern von Frauenhofer bestimmt worden mit Hilfe der von ihm entdeckten Lichtlinien (s. d. Art. Licht).

Die Naturerscheinungen, welche in der Brechbarkeit des weißen Lichtes in farbige Strahlen ihre Erklärung finden (z. B. Regenbogen u. a.) s. an ihren Orten.

Brechung des Lichtes, einfache, Refraction (v. d. lat. refractio) ist die Erscheinung, daß das Licht, indem es von einem durchsichtigen

Digitized by Google

Körper in einem andern übergeht, nicht in derselben geraden Linie fortgeht, sondern in irgend einer andern geraden Linie, die mit der, welche den Weg im ersten Körper bezeichnet, einen bestimmten Winkel macht.

Folgender leicht anzustellender Versuch macht die ganze Erscheinung leicht begreiflich. GS (Fig. 104.) sei ein Gefäß, P ein bezeichneter Punkt auf dem Boden des Gefäßes, R der Rand des Gefäßes. Dieses sei leer und das Auge des Beobachters sei bei A so angebracht, daß er gerade über R hinweg P sieht; dann ist AP eine gerade Linie, und für das Auge bei A scheint P unmittelbar bei R zu liegen, AP ist die Richtung des von P kommenden Lichtes in der Luft. Gießt man nun aber das Gefäß GS voll Wassers bis GR′, so erscheint der Punkt G dem Auge bei A nicht mehr unmittelbar bei R, sondern etwas weiter vom Rande ab bei Q. Das Auge sieht also jetzt den Punkt P der Richtung AQ, da aber weder das Auge bei A noch der Punkt P verrückt worden ist, so muß der Grund zu der ganzen Erscheinung in dem Umstande liegen, daß an die Stelle der Luft, durch welche vorher P gesehen wurde, zum Theil Wasser getreten ist. Im Wasser muß sich folglich das von P ausgehende Licht in der Richtung PQ fortpflanzen, und dann in der Luft in der Richtung QA. Daß dieses wirklich sich so verhalte, kann man durch folgenden Versuch noch deutlicher machen. Bringt man einen undurchsichtigen Körper in irgend einen Punkt der Richtung AQ, so verschwindet dem Auge der Anblick von P, und eben dieses geschieht, wenn man den undurchsichtigen Körper in einen Punkt der Richtung QP bringt, woraus denn klar folgt, daß PQ und QA die verschiedenen Richtungen angibt, in welcher das Licht durch Wasser und Luft sich fortsetzt; diese beiden PQ und QA machen aber den Winkel PQA mit einander, und man sagt daher, das Licht werde bei seinem Uebergange von Wasser und Luft gebrochen.

Statt der Luft und des Wassers hätten irgend zwei andere durchsichtige Körper genommen werden können, dann wäre der Winkel PQA bei jedem andern Körper ein anderer geworden, aber nur in sehr wenigen Fällen wäre dieser Winkel $= 180°$ geworden oder, was dasselbe ist, PQ und QA hätten eine gerade Linie mit einander ausgemacht. Nur in einem Falle wird nie ein Brechungswinkel beim Uebergange aus einem Mittel in das andere zu bemerken sein; dann nämlich wenn das Auge senkrecht über P steht, also in A′ dann sieht das Auge stets den Punkt P in der geraden Linie A′P.

Da bei verschiedenen Körpern der durchgehende Strahl verschieden gebrochen wird, so spricht man von einem Brechungsverhältniß zweier Körper. Gesetzt es begrenzen sich zwei verschiedenartige Körper in GE (F. 105.) und der Strahl gehe durch den einen (den oberen) in der Richtung AB, und mache mit der Senkrechten SB den Winkel ABS. Die Senkrechte SB heißt das Einfallsloth. In dem durchsichtigen Körper unterhalb GE gehe der Strahl in der Richtung BD fort; dann ist W. RBD größer oder kleiner als W. ABS. Ist W. RBD $>$ W. ABS, so sagt man der Strahl werde von dem Einfallsloth abgebrochen; ist aber RBD $<$ W. ABS, so sagt man der Strahl

werde auf das Einfallsloth zu gebrochen. Verlängert man AB, so daß W. RBP = W. ABS wird, so nennt man W. RBD den Brechungswinkel und W. DBP (welcher der Unterschied der Winkel ABS und RBD ist) den gebrochenen Winkel. ABS heißt der Einfallswinkel, und die Ebene, in welcher derselbe liegt, die Einfallsebene.

Es ist bekannt, daß die beiden Schenkel eines Winkels stets in derselben Ebene liegen. Bei der Brechung findet nun das Gesetz statt: daß der gebrochene Strahl (BD) stets in der Einfallsebene liegt. Nimmt man ferner eine beliebige Linie BO in den Zirkel, und schlägt mit derselben als Halbmesser eine Kreislinie um B als Mittelpunkt, fällt darauf eine Senkrechte OM von O auf BS und eine andere QN von Q auf BR, so findet zwischen OM und QN ein gewisses Verhältniß statt. Welches nun auch die Neigung der Linie AB gegen BS sein mag, immer wird man zwei Linien, wie OM und QN zeichnen können, und es ist ein zweites Gesetz der Brechung, daß so lange die brechenden Körper dieselben bleiben, das Verhältniß dieser Linien für jede Neigung der Linie AB gegen BS = OM:QN ist. Da aber in der Mathematik OM der Sinus des W. ABS, QN der Sinus des W. RBD heißt, und eben so die OM und QN entsprechenden Linien für andere Winkel die Sinus dieser Winkel heißen; so spricht man dieß Gesetz auch, wie folgt, aus: Für dasselbe brechende Mittel ist das Verhältniß zwischen den Sinussen des Einfallswinkels und des Brechungswinkels beständig (constant) und unabhängig von der Neigung des einfallenden Strahles gegen das Einfallsloth. Nennen wir jeden Winkel, welcher W. ABS entspricht, oder den Einfallswinkel, a, und jeden Winkel, welcher W. RBD entspricht, oder den Brechungswinkel, b, so können wir eine Proportion ansetzen: (sin. bezeichnet: Sinus des Winkels)

$$\text{sin. } a : \text{sin. } b = n : 1.$$

Hier ist n eine Größe, welche aus den übrigen Gliedern der Proportion bestimmt werden kann; sie ist bekanntlich

$$n = \frac{\text{sin. } a}{\text{sin. } b}$$

und diese Größe heißt man mit mathematischem Ausdrucke den Exponenten des Brechungsverhältnisses, oder kurzweg den Brechungsexponenten.— Endlich läßt sich im Allgemeinen noch folgendes bei der Brechung stattfindendes Gesetz aufstellen. Beim Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres, wird der Strahl auf das Einfallsloth zu gebrochen, und umgekehrt: beim Uebergange aus einem dichteren Mittel in ein dünneres wird der Strahl von dem Einfallslothe ab gebrochen. Es kann der Fall sein, daß die Brechung von dem Einfallslothe ab, so stark ist, daß der Brechungswinkel größer als ein Rechter ist, dann geht der Strahl in das frühere Mittel zurück, und man sagt dann: das Licht erleide eine totale Reflexion.

Brennbare Körper haben der Regel nach ein stärkeres Brechungsvermögen als nicht brennbare. Hiernach vermuthete schon Newton,

Digitized by Google

daß der Diamant, der ein sehr großes Brechungsvermögen hat, ein brennbarer Körper sein müsse, welches sich später bestätigt hat.

Schon in alten Zeiten (Ptolemäus 70 n. Chr. G. geb.) hat man die Erscheinung der Brechung beobachtet, aber erst durch Descartes (oder, wie er lat. genannt wird, Cartesius geb. 1596, gest. 1650) sind die Gesetze der Brechung bekannt geworden, dieser soll aber durch die ungedruckten Schriften des jung verstorbenen Willebrord Snellius auf diese Gesetze geführt worden sein.

Die älteste Weise die Größe der Brechung bei Flüssigkeiten, namentlich bei Wasser, zu beobachten, ist folgende. Ein in Grade eingetheilter Kreis (F. 106.) ist so eingerichtet, daß in seinem Mittelpunkte 2 Lineale beweglich sind. Darauf wird er zur Hälfte in die zu untersuchende Flüssigkeit getaucht. Dem einen Lineale wird unter dem Wasser eine bestimmte Stellung gegeben, darauf das andere Lineal außerhalb der Flüssigkeit in die Richtung gestellt, in welcher dem Auge der Endpunkt des Lineals in der Flüssigkeit erscheint. — Eine Art die Brechung bei festen Körpern zu beobachten ist folgende. Man läßt in ein dunkeles Zimmer durch eine kleine Oeffnung einen Lichtstrahl fallen. Nun stellt man eine undurchsichtige Wand senkrecht so auf, daß der Strahl gerade über ihren obern Rand hingeht. A (F. 107.) stelle die Oeffnung vor, durch welche der Strahl dringt, BC die undurchsichtige Wand, AE den Strahl, wie er durch die Luft geradlinig fortgeht. Stellt man nun vor die Wand BC einen gläsernen Würfel BG, so wird durch diesen der Strahl von C aus gebrochen, er geht nicht mehr in der Richtung CE, sondern nun in einer andern CE′ fort. Die Winkel, welche CE und CE′ mit dem Einfallslothe BC machen, können gemessen werden. — Wenn man durch einen durchsichtigen Körper einen Strahl so hindurch gehen läßt, daß er aus der Luft eintretend in den Körper, aus diesen wieder in die Luft hinausgeht, so wird der Strahl 2mal gebrochen. Hat der durchsichtige Körper parallele Seitenflächen, so fällt der austretende Strahl zwar nicht in die Verlängerung der geraden Linie, in welcher er nach dem durchsichtigen Körper kam, aber in einer dieser ersten parallelen Richtung. Dieß läßt sich zeigen (F. 108.) ZZZZ sei ein durchsichtiger Körper (als Durchschnitt in der Einfallsebene dargestellt), von S komme der Strahl SA, dieser werde gebrochen in die Richtung AB, so ist der Brechungsexponent n für diesen Körper nach dem Obigen $= \frac{LM}{ED}$, da der Strahl beim Austritt bei B wieder in die Luft geht, so muß KN = LM sein*), BN = AL, W. BKN = LMA = R, folglich Dr. KBN = Dr. MAL, folglich W. KBN = LAM, MA parallel BK, folglich auch BN parallel SA. Wie viel durchsichtige Körper mit parallelen Seitenflächen

*) Wenn nämlich die Construction der Linien LM, ED, GH, KN, so gemacht wird, wie oben S. 334., und die Halbmesser BN und AL gleich sind.

Digitized by Google

man auch neben einander legen mag, immer wird beim Heraustreten in die Luft der Strahl in einer Richtung fortgehen, die parallel ist derjenigen, welche er hatte, ehe er in den ersten Körper eintrat. Anders verhält es sich bei durchsichtigen Körpern mit nicht parallelen Seitenflächen Fig. 111. stellt in ABC den Durchschnitt eines dreiseitigen Prismas in der Einfallsebene dar. Es ist angenommen, daß das Prisma von Glas sei, dessen Brechungsexponent in Bezug auf Luft etwa $\frac{3}{2}$ ist, so daß sich verhält DE: FG = 3 : 2. Aus der Zeichnung sieht man leicht, wie hier RL, die Linie in welcher der Strahl aus dem Prisma heraustritt, nie parallel ST sein kann. Daher bedient man sich zu genauerer Untersuchung über die Brechung solcher dreiseitiger Prismen. Es muß hier erinnert werden, daß, da jeder Strahl weißen Lichts (s. d. Art. Brechbarkeit und Licht) aus verschieden brechbaren Farbenstrahlen besteht, hier immer nur von den Farbenstrahlen mittlerer Brechbarkeit die Rede ist, und daß sich auf diese auch die Zahlenangaben (s. die folg. Tabelle) beziehen.

Die Größe der Brechung zeigt sich abhängig von der Größe des brechenden Winkels des Prismas. Denn wenn in Fig. 109. dem Strahle PC das Prisma FGA, dessen brechender Winkel also FAG, entgegengesetzt wird, so wird der Strahl gebrochen nach CBD, und wenn dem Strahle PC das Prisma EAG mit dem brechenden Winkel EAG entgegengesetzt wird, so wird der Strahl gebrochen in der Richtung PCB′D, im ersten Falle sieht ein Auge in D den Punkt P in der Richtung DP′, im letzten aber in der Richtung DP″.

Noch ein wichtiger Umstand ist zu bemerken. Wenn man nämlich durch ein Prisma nach einem Punkte hinsieht und dreht dabei das Prisma langsam um seine Axe, so findet man eine Stellung des Prismas, in der die Brechung am geringsten ist, d. h. wo der betrachtete Punkt am wenigstens aus seiner wirklichen Stellung herausgeschoben erscheint. Dieß ist dann der Fall wenn der von dem betrachteten Punkte nach dem Auge gehende Strahl so gebrochen wird daß er bei seinem Eintritt und Austritt gleiche Winkel mit dem Prisma macht. Die Fig. 110. macht dieß deutlich. S sei der Punkt, von dem aus der Strahl SA nach dem Prisma MPN (dessen brechender Winkel P ist) geht, sein Weg ist SABC; gebe ich nun dem Prisma die Stellung M′P′N′ so ist der Weg des Strahles SAB′C′; bringe ich endlich das Prisma in die Stellung M″P″N″, so ist der Weg des Strahles SAB″C″. Die erste Stellung des Prismas liegt mitten inne, zwischen der zweiten und dritten; bei der ersten Stellung erscheint der Strahl dem Beobachter bei CC′C″ in der Richtung CF, bei der zweiten Stellung in der Richtung C′F′, und endlich bei der dritten Stellung in der Richtung C″F″, so also daß bei der mittleren Stellung des Prismas die Brechung am geringsten ist, der Punkt S am wenigsten aus seiner wahren Richtung verrückt erscheint. Diese Stellung (die von MPN) ist aber diejenige, in welcher der Einfallswinkel und der Austrittswinkel der Strahlen gleich sind, oder was dasselbe, AP = PB ist. Sobald man das Prisma aus der Stellung, in welcher

Digitized by Google

die geringste Brechung erfolgt vor- oder rückwärts herausdreht, wird die Brechung stärker*).

Der Punkt S, (F. 111.) welcher dem Auge in L, wenn kein brechender Körper zwischen S und L befindlich wäre, in der Richtung LS erscheinen würde, erscheint dem Auge durch das Prisma in der Richtung LS'. Um nun das Brechungsverhältniß einer festen Substanz zu bestimmen, hat man nur nöthig daraus ein Prisma zu schneiden, ja es wird hinlänglich sein zwei Flächen, die unter einem bekannten Winkel gegen einander geneigt sind, anzuschleifen. Man stellt sodann den Körper so in einen Lichtstrahl, daß derselbe auf einer jener Seitenflächen des Körpers unter einem bekannten Einfallswinkel einfällt und auf der andern ausfällt, und mißt nun den RLS (Fig. 111.) entsprechenden Winkel. Diese Messung, aus welcher sich der Brechungsexponent berechnen läßt, kann auf mehrfache Art angestellt werden. Frauenhofer ließ vor einer sehr entfernt stehenden Lampe durch eine kleine Oeffnung O (Fig. 112.) einen Lichtstrahl OP auf ein Prisma PB fallen. Dieses Prisma stand dicht vor einem Fernrohre AB, und dieses wurde (um C drehbar) so gerichtet, daß der gebrochene Strahl hindurch ging und bei A ins Auge des Beobachters fiel. Um den Mittelpunkt C war ein in Grade ꝛc. eingetheilter Kreis angebracht, auf diesem konnte man den Winkel OCB ablesen, den der directe Strahl OC und der gebrochene BA mit einander machten.

Um die Brechung, welche bei einer Flüssigkeit stattfindet, auf ganz ähnliche Art zu untersuchen, braucht man nur ein hohles Prisma aus Glastafeln, deren Seitenflächen aber genau parallel mit einander sein müssen, zu fertigen, die zu untersuchende Flüssigkeit hineingießen und die Beobachtung nun wie bei festen Körpern anstellen. Wenn die Glastafeln parallele Seitenflächen haben, so wird durch sie, wie S. 335. gezeigt worden, der Strahl nicht in einem Winkel gebrochen, und das Glas ist daher ohne Einfluß auf die Winkelbeobachtung. Hierbei bietet sich jedoch die Schwierigkeit dar, wie die Glastafeln, welche das Prisma bilden sollen, unter einander befestigt werden sollen, bei bloßem Aneinanderschrauben würden sie nicht fest genug zusammenhalten, um das Durchdringen der Flüssigkeit zu hindern, wollte man sie aber durch Kitt an einander befestigen, so könnte sich leicht ein wenig von diesem Kitt auflösen, und dadurch das Brechungsvermögen der Flüssigkeit geändert werden. Biot hat sich daher folgender sinnreichen Vorrichtung bedient. Er nahm eine

*) Man kann diese Erscheinung sehr leicht in folgender Art beobachten. Man mache auf ein weißes Papier einen schwarzen Punkt und halte nun das Prisma so, daß man durch dasselbe den Punkt sieht, und zwar wegen der Brechung verrückt von seiner wahren Stelle, nahe an der Kante des Prisma's, und zugleich über dem Prisma den Punkt auf dem Papiere selbst, also überhaupt zwei Punkte, erblickt. Wendet man nun das Prisma langsam um seine Axe, so daß der brechende Winkel von unten nach oben rückt; so rücken sich die beiden Punkte immer näher, indem der im Prisma gesehene sich bewegt, endlich scheint der Punkt im Prisma still zu stehen, bald aber bewegt er sich wieder und entfernt sich nun wiederimmer mehr von dem Punkte auf dem Papiere.

Digitized

dicke Glastafel, wobei auf die Beschaffenheit (Reinheit, Durchsichtigkeit u. s. w.) wenig ankam, bohrte ein Loch hindurch, und schnitt dann die Glasplatte prismatisch zu, so daß das Loch von einer Seitenwand des Prisma's nach der anderen ging. Die durchbohrten Seitenwände wurden sorgfältig polirt, legte man dann über die beiden Mündungen des Loches ebene Spiegelplatten, so blieben diese bei Anwendung eines leichten Druckes von selbst haften, gemäß den Gesetzen der Haarröhrchenanziehung. Um mit Leichtigkeit die Flüssigkeiten, in die zu ihrer Aufnahme bestimmte Höhlung bringen zu können, ohne die Spiegelplatten jedesmal abnehmen zu dürfen, bringt man in die Dicke des Prisma's einen nach der Höhlung führenden Kanal an, der durch einen mit Schmirgel eingeriebenen Glasstöpsel geschlossen werden kann. Damit die Spiegelplatten bei der Bewegung des Prisma's nicht abgleiten, hält man sie durch kupferne Schienen fest, welche durch Schrauben gegen ihre Oberfläche leicht angedrückt werden. Besonders muß auch hier darauf gesehen werden, daß die Spiegelplatten parallele Flächen haben, damit das Glas ohne Einfluß auf die Brechung sei. Fig. 113. stellt ein solches Prisma dar, die Seitenflächen laufen nach unten zusammen, der brechende Winkel des Prisma's ist aber abgeschnitten. Durch die mittelst der Spiegelplatten geschlossene Höhlung wird der zu brechende Lichtstrahl geleitet.

Das Brechungsvermögen der Gasarten wird auf die nämliche Art beobachtet, wie das der tropfbaren Flüssigkeiten, indem dieselben nämlich in hohle Prismen von parallelflächigen Spiegelplatten eingeschlossen werden. Da die Gase bei weitem weniger dicht sind als die festen und tropfbarflüssigen Körper, so ist ihr Brechungsvermögen bei gleicher Größe des Winkels des brechenden Prisma's weit geringer als bei jenen. Man muß sich daher eines Prisma's bei ihnen bedienen, dessen brechender Winkel sehr groß ist. Biot und Arago bedienten sich eines Prisma's, dessen Winkel 145° 7′ 28″ betrug. Biot beschreibt dasselbe wie folgt: Es besteht aus einer dicken cylindrischen Glasröhre, F. 114. deren beide Enden A, B prismatisch zugeschnitten*), und durch parallelflächige, Spiegelplatten verschlossen sind, die man sorgsam damit verkittet hat. Die Röhre ist unten durchbohrt, und mit einem Hahn R versehen, der an eine Luftpumpe oder auf Recipienten angefügt werden kann, wodurch man in den Stand gesetzt wird, das Prisma luftleer zu machen und die zu beobachtenden Gasarten hineinzubringen. Da sich die Brechung für eine und dieselbe Substanz bei veränderter Dichtigkeit derselben nicht gleich bleibt: diese aber bei den Gasarten in sehr beträchtlichem Verhältniß sich ändert, je nachdem Druck und Temperatur verschieden werden; so muß, um alle Versuche auf vergleichbare Bestimmungen zurückzuführen, auf Druck und Temperatur Rücksicht genommen werden**).

*) D. h. so, daß wenn man die Flächen verlängert denkt, dieselben einander unter einem bestimmten Winkel schneiden. Wie erwähnt, waren bei dem von Biot gebrauchten Instrumente die Flächen so gegen einander geneigt, daß der Winkel, den sie verlängert mit einander gemacht hätten, 145° 7′ 28″ betrug.

**) Barlow vermuthet nach von ihm angestellten Versuchen, daß sich das Brechungsvermögen (desselben Körpers) zugleich mit der Dichte ändere. Er

Digitized by Google

Um den Druck zu messen, fügt man an das Prisma eine verticale Röhre TV, welche mit seinem Innern Gemeinschaft hat, und ein Heberbarometer in sich schließt, dessen offener Schenkel hinreichend lang ist, daß das Quecksilber darin bei bewirkter Luftleere im Prisma mit dem Quecksilber im andern Schenkel ins Niveau kommen kann. Die Höhe, in welcher das Quecksilber dieses Barometers durch das inwendige Gas erhalten wird, mißt den Druck. Um zur Kenntniß der Temperatur zu gelangen, könnte man auch in das Prisma ein kleines Thermometer einsenken, allein es würde erforderlich sein, dasselbe in der Mitte seines Innenraumes anzubringen, was ein Hinderniß für das Sehen abgeben würde. Zweckmäßiger ist es daher, zwei sehr empfindliche Thermometer auswendig am Prisma und ganz nahe an seinen Flächen oder selbst in Berührung damit, aufzuhängen. Die Temperatur dieser Flächen, wie sie vom Thermometer angegeben wird, läßt sich ohne merklichen Irrthum für die der Gasart, welche die Flächen inwendig, so wie der Luft, welche sie auswendig berührt, annehmen; da man weiß, mit welcher außerordentlichen Leichtigkeit die Gasarten sich mit der Temperatur der umgebenden Körper gleich setzen. Ueberdieß wendet man alle mögliche Vorsicht an, daß die Temperatur am Orte des Versuches wenig Abänderungen erleide, und daß insbesondere diese nur langsam erfolgen können.

Dieß Prisma ist auf einem auf seiner Länge senkrechten Fuße angebracht, der es in einer horizontalen Lage hält. Der Ort der Beobachtung und der Gegenstand, welcher als Signal dient, müssen so gewählt sein, daß beide in der nämlichen Horizontalebene liegen, welche durch die Mitte des Prisma's geht. Man beobachtet die Ablenkung mittelst eines Vervielfältigungskreises, dessen Rand man auch in die nämliche Ebene stellt, erst annäherungsweise, dann genau; durch Erfüllung der Bedingung daß, wenn das obere Fernrohr seines Randes erst nach dem direct gesehenen Gegenstande, dann nach dem gebrochenen Bilde gerichtet wird, beide sich immer auf dem nämlichen, im Innern des Rohrs horizontal ausgespannten Faden befinden. Um sich von dieser Horizontalität der Fäden überzeugen zu können, ist es gut, wenn das Signal an einer der Flächen eines großen Gebäudes befindlich ist, welches vermöge seiner Bauart lange Horizontallinien darbietet, nach welchen man sich richten kann. Dann wird man keinen bessern Visirpunkt wählen können, als einen verticalen Blitzableiter, der sich als eine schwarze Linie an das Himmelsgewölbe darstellt.

Hier, wie bei den festen und tropfbar flüssigen Körpern, stellt man die Beobachtung immer so an, daß man das obere Fernrohr des Kreises abwechselnd auf den directen Gegenstand und das gebrochene Bild richtet, um den Ablenkungswinkel zu messen. Zunächst wird man die Brechung der atmosphärischen Luft zu untersuchen haben. Zu diesem Zweck entfernt man die Luft aus dem Prisma mittelst der Luft-

---

hat nämlich gefunden, daß das Brechungsverhältniß des Schwefelkohlenstoffes zwischen 0° und 100° C in der Voraussetzung einer gleichförmigen Veränderung um $\frac{1}{70}$ abnimmt, welches Verhältniß nahe der zugehörigen Ausdehnung des Schwefelkohlenstoffes entspricht.

Digitized by Google

pumpe. Hierdurch erhält man zwar keine vollkommene Leere; wenn jedoch die Dichtigkeit der inwendigen Luft ausnehmend vermindert ist, so daß sie die Barometersäule nur noch bis zu einer Höhe von einigen Millimetern zu tragen vermag, so beobachtet man diese Höhe, und zieht sie mit in Rechnung. Man hat also auf diese Weise ein luftleeres, oder beinahe luftleeres Prisma eingetaucht in die atmosphärische Luft; die Lichtstrahlen müssen also, wenn sie in dasselbe eindringen, eine Ablenkung erfahren, bedingt durch den Ueberschuß der brechenden Kraft der äußern Luft; und dem ist in der That so. Wenn das obere Fernrohr des Kreises erst unmittelbar auf das Signal durch die Luft hindurch gerichtet wird, und man dann das Prisma dazwischen bringt, so zeigt sich das Bild bedeutend verrückt. Stellt man das Fernrohr wieder auf den Visirpunkt, indem man den Rand in Bewegung setzt, und kehrt das Prisma Punkt für Punkt um, so wird die Ablenkung so wie die Verrückung des Signals verdoppelt. Bei unsern (Biot und Arago's) Versuchen z. B. befand sich das Prisma in einem der Zimmer des Schlosses Luxemburg, dem Observatorium gegenüber, dessen Blitzableiter uns zum Visiren dienten. Das Umkehren des Prisma's versetzte den Faden des Fernrohrs von einem Ende des Gebäudes zum andern, oder richtiger gesprochen, während das Fernrohr unverrückt blieb, schien sich das Gebäude um die ganze Weite von der rechten nach der linken Seite des Fadens zu verrücken. Um die Brechung der Luft von verschiedenen Dichtigkeiten zu beobachten, verfährt man auf die nämliche Art: nur muß man die Luft bloß bis zu der Grenze entleeren, für welche die Beobachtung angestellt werden soll und welche vom inwendigen Barometer angegeben wird.

Will man Untersuchungen über andere Gasarten als die atmosphärische Luft anstellen, so muß man erst das Prisma von dieser so weit als möglich entleeren, die Dichtigkeit des noch übrig gebliebenen Rückstandes derselben beobachten, und dann die Gasart hineinbringen. Dieß bewerkstelligt man über einer pneumatischen Wanne mit Wasser, oder mit Quecksilber, wenn das Gas sich im Wasser aufzulösen vermag. Das Prisma und die Glocke, welche das Gas enthält, müssen, wie bei der Wägung der Gasarten, mit einander durch einen doppelten Hahn in Verbindung stehen, um zu verhüten, daß keine Wasserblasen in den Hals des Instruments mit hineingerissen werden können.

Um im Prisma eine trockene Leere oder trockene Gasarten zu erhalten, müßte man in die Glasröhre, welche über ihr aufgesetzt ist, eine gewisse Menge kaustischen Kali's einbringen, welche alle Feuchtigkeit einzusaugen vermöchte. Diese wirkt im leeren Raum schnell, und verschluckt die Feuchtigkeit augenblicklich; in der atmosphärischen Luft oder andern Gasarten aber bedarf es einer gewissen Zeit, daß die Dünste sich niederschlagen und mit dem Alkali verbinden. Wollte man hingegen das Brechungsvermögen der Wasserdünste beobachten, so hätte man alle mögliche Mittel anzuwenden, um die Luft an dem Beobachtungsorte feucht zu machen, indem man Wasser daselbst verbreitete, feuchte Tücher aufhinge, und vornämlich die Temperatur erhöhte; man dürfte

Digitized by Google

aber diese Dünste nicht in das Prisma hineinbringen; denn durch Niederschlagen an seinen Flächen würden sie das Sehen stören.

Eine andere Vorrichtung zu Messung der Größe der Brechung von Flüssigkeiten ist von Euler vorgeschlagen. Man nimmt zwei Menisken*) von Glas (Fig. 115.) ADCE und AFCB, legt sie auf einander und füllt den Zwischenraum zwischen beiden mit der zu untersuchenden Flüssigkeit. So wie man verschiedene Flüssigkeiten in diesen Raum bringt, ändert sich die Brennweite des Linsenglases, und aus dieser Aenderung der Brennweite läßt sich die Größe des Brechungsvermögens der verschiedenen Flüssigkeiten bestimmen, weil die Brennweite selbst durch die Brechung bedingt wird.

Euler bediente sich zweier, in einem Fernrohr anzubringender, Glas-Menisken, wovon der erste, dem Object zugekehrt, eine concav-concave Linse, der andere eine nach dem Object zu concave, nach dem Bilde zu convexe Linse war, wie Fig. 116. erläutert. Er tauchte die beiden Linsen in die filtrirte Flüssigkeit, drückte sie, nachdem sie sich damit gefüllt, fest zusammen, worauf sie, auch nach dem Herausnehmen, fest an einander hafteten, befestigte sie sodann vorn in einem Fernrohre, dessen Ocular die Brennweite von 1,56″ hatte, richtete es nach einem fernen Gegenstande und berechnete aus der Länge, um welche er das Objectiv bis zum deutlichen Sehen verschieben, oder die Röhre ausziehen mußte, die Brennweite desselben und daher das Brechungsverhältniß der in ihm eingeschlossenen Flüssigkeit. Durch gehörige Wahl der Radien läßt sich die veränderliche Länge sehr beträchtlich erhalten und daher das Verhältniß bis auf die 4. Decimalstelle verbürgen.

Brewster fand, daß viele undurchsichtige Körper, in sehr dünnen Schichten angewandt, durchsichtig werden, und indem er sehr dünne planconcave Linsen aus solchen Körpern herstellte, untersuchte er das Brechungsvermögen derselben. Das Verfahren Brewsters beschreibt Brandes, wie folgt: Wenn man sich ein gewöhnliches, aus zwei convexen Gläsern zusammengesetztes Mikroskop denkt, worin DE (Fig. 117.) die dem Objecte zugekehrte Linse ist, so wird bekanntlich von dem Objecte AB ein Bild ab hervorgebracht, welches man durch das Augenglas GH betrachtet. Die Stelle dieses Bildes ab wird nicht geändert, wenn man ein Planglas uv mit parallelen Flächen hinter dem Objectivglase senkrecht gegen die Axe Aa des Mikroskop's einsetzt; aber sobald man den Raum DEvu mit einer Flüssigkeit von anderer Brechungskraft, als die der Luft ist, füllt, muß sich die Stelle des Bildes ändern. Sobald aber dieses geschieht, wird das durch GH den Gegenstand AB betrachtende Auge diesen nicht mehr deutlich sehen, sondern man wird dem Gegenstande eine mehr vom Objectivglas entfernte Stelle geben müssen, damit er wieder deutlich erscheine, oder damit das Bild wieder in ab, wie vorhin, gebildet werde. Wenn man also die Entfernung genau abmißt, die man dem Gegenstande A von der Vorderseite der Linse DE geben muß, damit er deutlich gesehen werde, so erhält man auf ähnliche Weise das Brechungsverhältniß, wie vorhin bei dem von Euler vorgeschlagenen Versuche. Bei Brew-

*) S. d. Art. Linsenglas.

sters Versuchen wurde der Raum DE vu mit einer minder durchsichtigen Materie z. B. Pech, gefüllt, und vermittelst einer Schraube wurde das Planglas so angedrückt, daß der kleine planconcave Raum zwischen dem Planglase und der Linse dünne genug wurde, um jene Materien als durchsichtig darzustellen. Auch sie machten dann eine eben solche Aenderung in der Stellung des Gegenstandes nöthig, wenn das Bild durch GH deutlich erscheinen sollte, und es läßt sich also die Brechung, welche der Lichtstrahl in jener Materie litt, bestimmen.

Brewster hat noch eine andere sehr erfolgreiche Entdeckung gemacht. Nach dem vorigen muß man aus den zu untersuchenden festen Körpern Prismen bilden, dieß ist aber immer mühsam und nicht selten ganz unausführbar, namentlich wenn derselbe nur in kleinen Stücken vorhanden ist. Er brachte deßwegen den zu untersuchenden Körper in eine Flüssigkeit, der er durch Mischung von Flüssigkeiten, deren Brechungsvermögen bekannt ist, dasselbe Brechungsvermögen gab, welches der feste Körper hatte. Sobald die Flüssigkeit gleiches Brechungsvermögen mit dem festen Körper hat, erscheint der letztere, wenn er vorher wegen Unebenheiten seiner Oberfläche auch gänzlich undurchsichtig schien, völlig durchsichtig. So brachte Brewster ein unregelmäßiges Stück Crownglas, welches wegen seiner rauhen Oberfläche völlig undurchsichtig war, in canadischen Balsam, und dadurch wurde das Glas so durchsichtig, daß er dadurch lesen konnte. Aus dem Brechungsvermögen der Flüssigkeit läßt sich hiernach das des in ihr befindlichen festen Körpers bestimmen. Zu genauerer Untersuchung bediente sich Brewster des oben angegebenen Mikroskops. Der Raum DE vu (F. 117.) wurde mit derjenigen Flüssigkeit angefüllt, von der er vermuthete, daß sie gleiches Brechungsvermögen mit dem zu untersuchenden Körper besitze. Darauf suchte er die Entfernung des Körpers vom Objectivglase, in welcher derselbe deutlich erschien. Nun wurde ein Stück des festen Körpers so in den Raum DE vu gebracht, daß die Lichtstrahlen durch ihn hindurch gehen mußten. Wurde hierdurch der Deutlichkeit Eintrag gethan (welches der Fall war, wenn das Brechungsvermögen der Flüssigkeit und des Körpers in ihr nicht dieselbe war) so wurde die Flüssigkeit so lange durch Beimischung anderer Flüssigkeiten geändert, bis der Gegenstand (ohne daß seine Stellung verändert worden) völlig deutlich erschien. Diese Deutlichkeit mußte dieselbe bleiben, es mochte nun der zu untersuchende Körper in die Flüssigkeit getaucht sein oder nicht. Aus der bekannten Entfernung des Objectivglases vom Gegenstande konnte die Brechung des flüssigen Körpers sowohl als des festen berechnet werden.

Brandes macht aufmerksam auf die Vortheile, welche dieses Verfahren, Körper, die wegen ihrer rauhen Oberfläche undurchsichtig sind, durchsichtig zu machen, Optikern und Juwelieren gewährt.

Der Optiker, der die Brechung für ein Glas, dessen er sich zu Fernröhren bedienen will, zu wissen verlangt, hat nun nicht erst nöthig, Prismen daraus zu schleifen, um die Brechung kennen zu lernen, sondern braucht sich nur für alle vorkommende Fälle ein Mikroskop auf die angegebene Weise einzurichten. Der Juwelier kann der Unsicherheit, ob ein von außen gut aussehender Edelstein nicht vielleicht inwendig

Digitized by Google

rissig ist, ganz ausweichen; denn er braucht ihn nur in Safafras-Oel oder ein ähnliches zu tauchen, so erkennt er in dem alsdann fast ganz durchsichtig gewordenen Steine alle Risse. Eben das Mittel dient auch, künstliche Pasten von wahren Edelsteinen zu unterscheiden, da sie nicht gleiches Brechungsvermögen besitzen. Eine Mischung von Cassia-Oel und Baum-Oel ist zu diesen Versuchen für eine sehr große Menge von Körpern brauchbar, wenn man für jeden das richtige Verhältniß der Mischung wählt.

Es ist oben S. 334. angegeben worden, wie man durch Zeichnung, sobald der Brechungsexponent eines Körpers bekannt ist, den Gang des gebrochenen Strahles angeben kann. Es sei NSE (Fig. 118.) der Durchschnitt der Einfallsebene durch ein gläsernes Prisma. BC sei das Einfallsloth und RB der einfallende Strahl, welcher wenig vom Einfallslothe abweicht. Er wird dann auch im Glase nur wenig gebrochen nach der Linie BG. Um nun den Gang des ausfallenden Strahles zu finden, mache man die nöthige Zeichnung. ML ist der Sinus des Winkels, den der Strahl im Glase mit dem Einfallslothe MG macht, wir nehmen seine Länge $1\frac{1}{2}$ mal (vergl. S. 336.), tragen diese Länge auf DG, errichten in N einen Perpendikel und durch den Punkt, in dem dieser den Kreis schneidet, geht der Strahl bei seinem Austritt aus dem Glase. Einen solchen Punkt aber gibt es gar nicht, weil NV den Kreis gar nicht schneidet. Der Grund ist weil NG größer als DG, größer als der Radius des Kreises ist. In diesem Falle geht der Strahl gar nicht in die Luft über. Dieß als allgemeines Gesetz ausgesprochen heißt: Ein Lichtstrahl geht aus einem stärkern brechenden Körper in einen weniger brechenden Körper nur dann wirklich über, wenn der Einfallswinkel eine gewisse Größe nicht übersteigt, dagegen wird der Strahl zurückgeworfen, wenn der Sinus des Brechungswinkels größer als der Radius werden müßte. Kehren wir zu Fig. 118. zurück, so wird ein Auge in H den Gegenstand bei A mit dem vollen Lichte, das nur der schönste Spiegel gewähren kann, erblicken. Legt man z. B. das Prisma mit der Basis NE auf ein beschriebenes Blatt Papier, und bringt das Auge nach O, so sieht man die Buchstaben auf dem Papiere, zugleich aber schwache Spiegelbilder von Gegenständen in der Gegend von A, rückt das Auge weiter herab, so kommt es endlich in einen Punkt, wo die Buchstaben nicht mehr gesehen werden, dagegen im hellsten Lichte die Spiegelbilder der Gegenstände bei A.

Da es bei dieser Zurückwerfung auf das Brechungsvermögen des unter (Fig 118.) NE befindlichen Körpers ankommt, indem sie früher oder später eintreten wird, je nachdem der Körper unter NE geringeres oder größeres Brechungsvermögen besitzt, so hat dieselbe Wollaston als ein Mittel benutzt das Brechungsvermögen undurchsichtiger Körper darnach zu bestimmen. Die Bestimmung der Brechung durch Zurückwerfung hat Wollaston noch benutzt, um die Verfälschung mancher Flüssigkeiten zu entdecken, indem die Zurückwerfung bei verfälschten Flüssigkeiten früher oder später eintritt als bei den unvermischten.

In folgender Tabelle von Baumgartner sind die Brechungsexponenten zusammengestellt v. d. Körpern, die bis jetzt untersucht sind, wobei d. Brechungsexponent d. leeren Raumes = 1,000 angenommen ist.

Name des Körpers	Brechungsexponent.
1) Feste und tropfbarflüssige Körper.	
Aether	1,358 1,374
" zum dreifachen Volumen ausgedehnt	1,057
Alaun	1,457 1,458 1,488
Alaunlösung, gesättigt	1,356
Alaunerde, salpetersaure	1,410
" in Weingeist	1,422
Aloe	1,634
Ambraöhl	1,505
Amethyst	1,562
Ammoniak, kaust	1,349
" wasserfrei, durch Kälte condensirt	1,752
" salzsaures	1,625
" mit schwefelsaurer Magnesia	1,483
Ammoniakgummi	1,592
Anatas	2,500
Angelicaöhl	1,491
Anisöhl	1,811
Anhydrit, extraordinär	1,6219
" ordinär Str.	1,5772
Apfelsäure	1,395
Apophyllit	1,5431
Aragonit, ord	1,6931
" extraord. Str.	1,5348
Arsenik	1,811
Asand	1,590
Auge des Menschen:	
Hornhaut	1,386
Wasserfeuchtigkeit	1,3366
ganze Linse	1,3839
äußere Lage der Linse	1,3767
mittlere Lage	1,3786
Kern	1,3999
Glasfeuchtigkeit	1,3394
Auge eines Lammes:	
Hornhaut	1,386
äußere Lage der Linse	1,386
mittlere Lage	1,428
Kern	1,436
Glasfeuchtigkeit	1,345
Auge des Kabeljau:	
ganze Linse	1,5492
äußere Lage	1,410
mittlere Lage	1,439
Kern	1,5929
Glasfeuchtigkeit	1,3531
Auge eines Ochsen:	
ganze Linse	1,4747
äußere Lage	1,4293
Kern	1,5425
Glasfeuchtigkeit	1,3571
Wasserfeuchtigkeit	1,3358
Axinit	1,735
Balsam: Copaiva	1,507
" in Alkohol	1,440 1,397
" Canada	1,532 1,549
" Gilead	1,529
" peruvianisch	1,597
" Styrax	1,585
" Tolu	1,628
" " in Alk	1,400
Baryt: kohlensauer	1,540
" salzsauer	1,646
" schwefelsauer	1,6468
" " extraordinär	1,6352
" " ordinär	1,6201
Bergamotöhl	1,473 1,471
Bergkrystall	1,562
Bernstein	1,47 1,552
Beryll	1,598
Bibergeil	1,626
Bittermandelöhl	1,603

Digitized by Google

Name des Körpers	Brechungs-exponent.
Blei, borsauer	1,866
" chromsauer	2,926
" " max. *)	2,974
" " min.**)	2,508
" essigsauer	1,400
" kieselsauer	2,123
" kohlensauer max.	2,084
" " min.	1,813
" salpetersauer	1,758
" schwefelsauer	1,925
Bleisalpeter	2,322
Blut vom Menschen	1,354
Boracit	1,701
Borax	1,467
	1,475
Boraxglas (1 Th. Borax 2 Th. Kiesel)	1,522
Brunnenwasser	1,3366
Buchelöhl	1,500
Butter, kalte	1,480
Buröhl	1,356
Cajeputöhl	1,478
	1,483
Calcedon	1,553
Cassiaöhl	1,641
	1,64
	1,603
Cautschouc	1,524
Chamillenöhl	1,457
	1,476
	1,455
Chrysoberyll	1,760
Chrysolith	1,660
Citronenöhl	1,527
Citronensäure	1,527
Cöllner Wasser	1,382
Collophonium	1,543
Comptonit	1,553
Copal	1,549
Cryolit	1,344
Cuminöhl	1,512
Cyan	1,316
Diamant	2,439

Name des Körpers	Brechungs-exponent.
Diamant	2,487
" braun	2,470
Dichroit	1,544
Dillsamenöhl	1,477
	1,487
Drachenblut	1,520
Eis	1,310
" max.	1,307
" min.	1,3085
Eisenoxyd	2,100
Eisen, salpetersaures	1,375
" salzsaures	1,385
" schwefelsaures	1,494
Eiweiß vom Hühnerei	1,360
Eiter	1,395
Elemiharz	1,547
Epidot, max.	1,703
" min.	1,661
Essigsäure	1,396
Essig, gemeiner	1,347
" destillirt	1,372
Euklas, extr.	1,663
" ord.	1,6429
Feldspath	1,764
Fenchelöhl	1,506
Fenugrecköhl	1,487
Fischbein	1,345
Flohkrautöhl	1,498
Flüssigkeit in Krystallen	
" ausdehnbarere	1,1311
" minder ausdehnbare	1,2946
1. Flüssigkeit im Topas	1,1311
2. " " " "	1,2946
Flüssigkeit im Amethyst	1,2106
Flußspath	1,436
	1,433
Frauenmünzöhl	1,481
	1,496
Gewürznelkenöhl	1,596
Glas, gemeines	1,530
" v. St. Gobain	1,513

*) Der am stärksten gebrochene Strahl **) Der am schwächsten gebrochene Strahl.

Digitized by Google

Name des Körpers	Brechungs-exponent.
Glas, zu Bouteillen	1,582
" zu Tafeln	1,527
" grünes	1,615
" hyacinthrothes	1,647
" blaßrothes	1,570
" dunkelrothes	1,729
" rothes mit Gold	1,715
" purpurrothes	1,608
" rubinrothes	1,601
" rosenrothes	1,570
" oranges	1,695
" lichtblaues	1,570
" zimmtbraunes	1,530
" opalartiges	1,635
Glas (Flint-)	
1 Th. Blei 4 Th. Kiesel	1,664
1 " " 2 " "	1,724
1 " " 1 " "	1,787
3 " " 4 " "	1,732
2 " " 1 " "	1,830
3 " " 1 " "	2,028
1 " " 4 " "	1,664
Glas (Flint-) Frauenhofers	
" " No. 30	1,6374
" " No. 23	1,6405
" " No. 13	1,6420
" " (borsaur. Bleioxyd)	2,0652
" " kieselhalt. borsaur. Bleioxyd	1,8735
Glas (Crown-) englisches	1,500
" " französisch	1,504
" " Fraunhofers	
" " No. 13	1,5314
" " Nr. 9	1,5331
Gold, in Königswasser gelöst	1,364
" in Weingeist	1,390
Granat	1,815
Guajac	1,600 / 1,619
Gummi Ammoniak	1,592
Gummi, arabischer	1,476
" Tragant	1,520
Holzöhl	1,506
Honig	1,495
Horn	1,565
Jelappaharz	1,608
Jodlösung in Weingeist	1,384
Kalilösung	1,390
Kali, arsenikſaures	1,535
" chromsaur. fest mar.	1,665
" " min.	1,319
" kohlensaures	1,482
" schwefelsaures	1,509 / 1,508
" weinsteinsaures mit Soda	1,515
Kalkspath, ord.	1,6543
" " extr.	1,4833
Kalk, salpetersaurer	1,410 / 1,427
" salzsaurer	1,425 / 1,440
" schwefelsaurer	1,525
" unterschwefelsaurer rothe Strahlen	1,561
" gelblichgrüne	1,566
" wolframs. mar.	2,120
" " min.	1,970
Kalkwasser	1,334
Kanellstein	1,750
Kampfer	1,487
Kochsalzlösung, gesättigte	1,375
Kümmelöhl	1,508
Kupfer, schwefels. mar.	1,552
" " min.	1,531
Labrador, Hornblende	1,80
Lavendelöhl	1,475 / 1,467
Leinöhl	1,485
Leucit	1,527
Limoniöhl	1,476

Digitized by Google

Name des Körpers	Brechungs-exponent.	Name des Körpers	Brechungs-exponent.
Limonöhl, in Weingeist	1,430	Platin in Königswasser gelöset	1,370
Magnesia, salzsaure	1,416	Pyrop	1,792
" schwefelsaure	1,488	Quarz, extr.	1,558
" " "	1,465	" ord.	1,548
Majoranöhl	1,491	Queckſilber (wahrſcheinlich)	5,829
Mandelöhl	1,469	Queckſilberchlorid	1,970
Mandelſtein	1,515	Rautenöhl	1,433 / 1,440
Manna	1,533	Realgar, künſtlicher	2,549
Maſtix	1,560	Ricinusöhl	1,490
Marköhl, kalt	1,525	Rodiumholzöhl	1,500
" geſchmolzen	1,481	Roſenholzöhl	1,505
Meionit	1,606	Rosmarinöhl, mar.	1,469
Mellit	1,556 / 1,538	" min.	1,472
Meſotyp, mar.	1,522	Rubin	1,770
" min.	1,516	Rüböhl	1,475
Mohnöhl	1,463	Salmiaklöſung, concentrirte	1,393
Muscatnußöhl	1,497	Salpeter, ſpecifiſches Gewicht 1,48	1,410
Myrrhe	1,524	" "	1,391
Naphta	1,475	Salpetrige Säure	1,396
Nußöhl	1,490 / 1,507	Salzſäure, concentr.	1,401
Obſidian	1,488	" "	1,4098
Olibanum-Gummi	1,544	" ſp. Gew. 1,134.	1,392
Olivenöhl	1,469 / 1,470	Sandarak	1,538
Opium	1,559	Saphir, weiß	1,768
Orangeſchalenſaft	1,403	" blau	1,794
Palmöhl	1,475	Saſſafraßöhl	1,532
Pech, gemeines	1,530	" "	1,536
" Burgunder	1,546 / 1,560	" " in Weingeiſt	1,405
Perlen	1,653	Schellak	1,525
Pfeffermünzöhl	1,473	Schildpatt	1,598
Phosphor	2,224	Schwefel, natürlicher	2,040
" in Schwefelkohlenſtoff gelöſet	1,708	" gegoſſen	2,148
Phosphorglas	1,532	" geſchmolzen	2,1
Phosphorſäure, flüſſige	1,426 / 1,460		
Pimentöhl	1,503		

Name des Körpers	Brechungsexponent.
Schwefel, in Schwefelwasserstoff gelöset	1,693
Schwefelbalsam	1,497 / 1,532
Schwefelchlorid	1,67
Schwefelkali	1,375
Schwefelkohlenstoff	1,68
" " bei —0°,56	1,643
" " " 13°,89	1,634
" " " 28°,89	1,625
Schwefelkalk	1,375
Schwefelsäure, specifisches Gewicht 1,840	1,440
" "	1,435
" "	1,428
Schwefelwasserstoff, tropfbarer	1,767
Sebenbaumöhl	1,482
Seife von Windsor	1,487
" neapolitanische	1,479
Seifengeist	1,4088
Selenit	1,525
Selterwasser	1,3353
Soda, salpetersaure	1,481
" unterschwefels. max.	1,785
" " " min.	1,735
" geschmolzene	1,411
Silber, salpetersaur. max.	1,788
" " min.	1,729
Smaragd	1,585
Spargelstein	1,657
Spermacetöhl	1,454
Speichel	1,339
Spießglanz, salzs.	1,420
" in Weingeist.	1,410
Spießglanzglas	1,889
Spinell	1,812
Stärkmehl	1,504
Steinsalz, grüne Strahlen	1,4985
" rothe "	1,4929
Stilbit	1,508
Storax	1,584
Strontian, kohlens. max.	1,700
Strontian, kohlens. min.	1,543
" unterschwefelsaurer max.	1,651
" " min.	1,608
Styrarbalsam	1,584
Tabaköhl	1,547
Tabasheer, gelblich	1,1111
" von Nagpore	1,1454
" " "	1,1503
" weiß	1,1825
Talg, kalt	1,491
" geschmolzen	1,460
Terpentin	1,545
Terpentinöhl, gemeines	1,476 / 1,486
" destillirt	1,470
Theriak	1,500
Thimianöhl	1,477
Topas, farbelos	1,6102
" von Brasilien, extr.	1,6401
" " " ord.	1,6325
" blauer	1,636
" gelber	1,652
Thran	1,483
Tragantgummi	1,520
Turmalin	1,668
Vogelleim	1,506
Wachholderöhl	1,473
Wachs bei 17°,5	1,512
" geschmolzen	1,540
" siedend	1,442
" weißes	1,462
" gelbes	1,542
Wachsöhl	1,452
Wasser	1,336
" gesalzen	1,343
Weihrauch	1,554
Wein, Porter	1,351
Weingeist	1,372

Digitized by Google

Name des Körpers	Brechungs-exponent.	Name des Körpers	Brechungs-exponent.
Weingeist sp. Gew. 0,866.	1,370	Ysopöhl...	1,485
= gewässert.....	1,374		
= rectificirt.....	1,372	Zink, salzsaures	1,425
Weinöhl.....	1,379	= schwefelsaures...	2,260
Weinsteinsäure, max.....	1,518	Zinkblende...	2,260
= = min.....	1,578	Zirkon, max.....	2,015
Wismuth, salpeters. max...	1,89	= min.	1,961
= = = min..	1,67	Zucker, geschmolzen.....	1,554
= = = ...	1,446	= nach öfterm Schmelz.	1,555
Wurmholzöhl.....	1,453	Zwergbaumöhl.....	1,483

2) Gase bei 0° C Temperatur und 0,m76 Luftdruck.

Name des Gases	Brechungsexponent. n		Brechungsvermögen $n^2 - 1$	Dichte
Atmosphärische Luft.....	1,000294	1,000 *)	0,000589	1,000
Ammoniakgas	1,000385	1,309	0,000771	0,591
Chlorgas.....	1,000772	2,623	0,001545	2,47
Cyangas	1,000834	2,832	0,001668	1,818
Cyanwasserstoffgas	1,000451	1,531	0,000903	0,944
Kohlenwasserstoffgas im Min....	1,000443	1,504	0,000886	0,559
Kohlenoxydgas.....	1,000340	1,157	0,000681	0,972
Kohlensäuregas	1,000449	1,526	0,000899	1,524
Oehlbildendes Gas	1,000678	2,302	0,001356	0,980
Phosphorwasserstoffgas im Min.	1,000789	2,682	0,001579	1,256
Phosgengas	1,001159	3,936	0,002318	3,442
Sauerstoffgas	1,000272	0,924	0,000544	1,1026
Salzätherdunst..... ...	1,001095	3,72	0,002191	2,234
Salzsäuregas	1,000449	1,527	0,000899	1,254
Schwefelätherdunst.....	1,00153	5,197	0,003061	2,580
Schwefelwasserstoffgas	1,000644	2,187	0,001288	1,178
Schwefeligsaures Gas.....	1,000665	2,260	0,001331	2,247
Schwefelkohlenstoffdunst...	1,00150	5,110	0,00301	2,644
Stickgas	1,000300	1,020	0,000601	0,976
Stickstoffoxydgas	1,000303	1,03	0,000606	1,039
Stickstoffoxydulgas	1,000503	1,710	0,001007	1,527
Wasserstoffgas.....	1,000138	0,470	0,000277	0,0685

*) Atmosphär. Luft = 1 gesetzt.

Digitized by Google

Auf den Gesetzen der Brechung beruht die ganze Dioptrik, daher auch alle Erscheinungen bei dioptrischen Instrumenten (Brillen, Fernröhren, Mikroskopen u. s. w.) aus ihr zu erklären sind. Eine Menge von Erscheinungen, zum Theil von höchst wunderbarer Art, welche in der Natur vorkommen, haben ihren Grund in der Brechung des Lichtes. Wir wollen hier nur auf einige aufmerksam machen, welche leicht zu beobachten sind, und denen keine besondern Artikel gewidmet sind.

Wenn man einen Stab in schiefer Lage ins Wasser taucht, so erscheint derselbe an der Stelle, wo er durch die Oberfläche des Wassers geht, gebrochen; der Grund ist leicht einzusehen. WR (Fig. 119.) sei die Oberfläche des Wassers, SB der eingetauchte Stab, welcher bei E von der Oberfläche des Wassers umgeben ist. In A befinde sich das Auge des Beobachters. Dann geht ein Strahl von B aus durch das Wasser nach L, dort wird er gebrochen und gelangt in der Richtung LA nach dem Auge bei A. Das Auge sieht also den Punkt B in der Richtung Ab bei b. Eben so geht von jedem anderen Punkte T des ins Wasser gesenkten Theiles des Stabes ein Strahl auf einem Wege TlA nach A, und dieser Punkt T wird dann in der Richtung At bei t gesehen. So erscheint dem Auge bei A der eingetauchte Theil des Stabes nicht in EB, sondern in Eb, also der ganze Stab scheint bei E gebrochen. Die Brechung, welche das Licht beim Austritt aus dem Wasser in die Luft erleidet, ist auch der Grund, daß ein Stäbchen, welches in ein Glas voll Wasser getaucht wird, in zwei Theile zerlegt erscheint, wenn man das Auge in gleiche Höhe mit der Oberfläche des Wassers bringt, wie Fig. 120. veranschaulicht. Fig. 120ª zeigt, wie das Stäbchen erscheint, so lange noch kein Wasser im Glase ist, Fig. 120ᵇ, wie es erscheint, nachdem Wasser in das Glas gegossen worden.

Wenn man aus einer gegen die Oberfläche des Wassers geneigten Richtung nach dem Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes sieht, so scheint er höher zu liegen, als wirklich der Fall ist, und wenn man in ein Gefäß nach und nach mehr Wasser gießt, so scheint sich der Boden des Gefäßes zu heben. Die Erklärung liegt schon in dem, was S. 333. gesagt worden, wie nämlich dort der einzelne auf dem Boden bezeichnete Punkt durch Eingießen von Wasser in das Gefäß sich zeigte, also hob, so hebt sich dann jeder Punkt des Bodens des Gefäßes, d. h. eben der ganze Boden.

Steckt man senkrecht auf ein dünnes Stäbchen eine Nadel, und taucht sodann diesen Apparat senkrecht unter Wasser, zieht ihn vorsichtig wieder empor, so daß ein kleiner Wasserberg an der Nadel haftend über die Oberfläche des Wassers sich erhebt, so erscheint das in das Wasser getauchte Stäbchen dem Auge, welches am Stäbchen herunter sieht, aus einander getheilt, wie Fig. 121. vorstellt, wo WR der Wasserspiegel ist, AB das eingetauchte Stäbchen, in dem in O die Nadel steckt und den Wellenberg LOL' gehoben hat; der Stab erscheint bei

O in die beiden Theile OB′ und OB″ aus einander gebrochen. Dadurch, daß sich der Wellenberg bei O gehoben hat, steht das Stäbchen nicht mehr senkrecht auf der es zunächst umgebenden Wasserfläche, das doppelte der oben erwähnten Erscheinung, wo ein Stab in schiefer Lage ins Wasser getaucht wurde, tritt ein. Das doppelte aber darum, weil sich hier zwei verschiedene Wasserflächen OL und OL′ schneiden, dort aber nur eine war, gegen welche der Stab geneigt war. Der Weg des von B (und entsprechend jedes andern von einem Punkte in OB ausgehenden Strahles) ist in Bezug auf die Fläche OL, BLS, so daß also B von S aus in B′ erscheint, und in Bezug auf die Fläche OL′, BL′A, so daß also B in B″ erscheint. Man kann diese Theilung noch vervielfältigen, wenn man statt Einer Nadel zwei oder mehrere senkrecht auf das Stäbchen steckt, und zwar in Einer Ebene, so daß sie Winkel unter einander bilden, und sich zu gleicher Zeit über die Wasserfläche beim senkrechten Hervorziehen des Stäbchens erheben. Dieser Versuch kann abgeändert werden in der Art, wie er von Klügel angestellt worden; so nämlich, daß man auf ein Bretchen zwei Nadeln in einiger Entfernung von einander senkrecht einsteckt, sobald man nun das Bretchen senkrecht so in das Wasser hält, daß die eine Nadel senkrecht unter der andern im Wasser steht, die andere den erwähnten Wasserberg bildet, so erscheint dem über die obere Nadel herunterblickenden Auge die zweite Nadel doppelt, nämlich zu beiden Seiten der oberen Nadel.

Auch eine Verdoppelung der Bilder kann eintreten nach den Gesetzen einfacher Strahlenbrechung, dieß geschieht, wenn das brechende Mittel in schneller Bewegung ist, indem dann der Einfallswinkel sich schnell verändert und daher der gesehene Gegenstand schnell hinter einander in verschiedenen Richtungen gesehen wird. Daher das Flimmern der Bilder, welche durch ungleich erwärmte Luftschichten gesehen werden, z. B. an den Rändern der Dächer von der Sonne beschienener Häuser. Hierher gehört auch die von Wollaston gemachte Bemerkung, daß wenn man in Gefäße mit dünnen, ebenen und parallelen Seitenwänden verschieden brechende Flüssigkeit vorsichtig über einander gießt, (z. B. wenn man in ein mit Wasser gefülltes Gefäß mittelst einer bis auf den Boden reichenden Röhre Schwefelsäure gießt, die sich langsam mit dem Wasser mischt und daher Schichten bildet, welche von unten nach oben allmählig an Dichte abnehmen), ein leuchtender Punkt durch die Länge des Gefäßes betrachtet, doppelt erscheint. —

Brechung, doppelte, doppelte Strahlenbrechung ist die merkwürdige Erscheinung, daß bei allen Krystallen, deren Krystallform kein Würfel, kein reguläres Oktoëder und kein Rhomboidaldodekaëder ist, ein hindurchgehender Lichtstrahl in zwei Strahlen getheilt wird, weshalb jeder Gegenstand durch einen solchen Krystall betrachtet doppelt gesehen wird. Von den zwei Strahlen, in welche der Eine einfallende Strahl getheilt wird, befolgt der eine die gewöhnlichen Gesetze der einfachen Brechung (s. d. vorherg. Art.) und heißt deßwe-

Digitized by Google

gen der gewöhnlich gebrochene (ordinäre) Strahl; der andere Strahl aber befolgt jene Gesetze nicht und heißt deswegen der ungewöhnlich gebrochene (extraordinäre) Strahl. Beim Austritt aus dem Krystalle gehen die beiden Strahlen (der gewöhnlich gebrochene, und der ungewöhnlich gebrochene) in paralleler Richtung neben einander fort.

Diese Erscheinung wurde zuerst im 17. Jahrhundert von Bartholin in Kopenhagen an einem Krystall von kohlensaurem Kalk, der vorzüglich in Island vorkommt und deswegen isländischer Krystall genannt wird, bemerkt. Wegen der Eigenschaft, die Strahlen doppelt zu brechen und wegen seines blättrigen Gefüges heißt dieser Krystall seitdem isländischer Doppelspath, Kalkspath. Der erste, welchem es gelang, die Gesetze, nach denen die doppelte Strahlenbrechung erfolgt, aufzufinden, war Huyghens.

Zunächst wollen wir die Erscheinung doppelter Strahlenbrechung, wie sie beim Kalkspath auftritt, näher betrachten. Die Kernform des Kalkspathes ist ein Rhomboëder. Jede Seitenfläche des Krystalles ist eine gleichseitige Raute (Rhombus), deren größerer Winkel 101° 55′ und deren kleinerer also 78° 5′ groß ist. Die Seitenflächen sind unter einander geneigt unter den Winkeln 105° 5′ und 74° 55′. Von den 8 Ecken des Körpers bestehen 2 aus drei stumpfen Winkeln, 6 aus einem stumpfen und 2 spitzen Winkeln. Stellt Fig. 122. einen solchen Krystall vor und sind A und B die stumpfen Ecken desselben, so heißt die durch diese Ecken gelegte Fläche, welche auf einer Fläche des Krystalls senkrecht steht und die zu den stumpfen Ecken gehörigen stumpfen Winkel dieser Fläche halbirt, nämlich ADBC der Hauptschnitt des Krystalles und deren Diagonale AB, welche von einer stumpfen Ecke bis zur andern reicht, heißt die Axe der doppelten Brechung. Diese Axe macht mit allen drei Kanten jeder der stumpfen Ecken des Krystalles gleiche Winkel. Gegen alle Seitenflächen hat diese Axe gleiche Neigung, indem sie gegen alle unter einem Winkel von 45° 23′ 25″ geneigt ist*). Wenn ein Krystall nicht, wie in dem vorigen angenommen worden, gleiche Seiten hat, so muß man doch unter der Axe des Krystalles die eben erwähnten des gleichseitigen Rhomboëders verstehen. Der Hauptschnitt und die Axe bekommen sodann im Krystall eine Lage, wie Fig. 123. vorstellt.

*) Um sich dieses, so wie das Folgende, wo von Schnitten des Krystalles die Rede sein wird, ganz verständlich zu machen, thut man am besten, sich die Form des Krystalles aus einer Kartoffel, aus Thon oder dergl. zu schneiden, und an dieser Form alsdann die angegebenen Schnitte zu vollziehen. Die Form erhält man sehr leicht, wenn man erst eine der stumpfen Ecken schneidet, und dann die übrigen Seitenflächen parallel mit den schon gegebenen macht.

Digitized by Google

Da das kryſtalliniſche Gefüge ſich bis auf die kleinſten Theile eines kryſtalliſirten Körpers erſtreckt; ſo muß man jeden größeren Kryſtall als aus einer unzähligen Menge kleiner ebenſo wie er geformter Körper zuſammengeſetzt ſich vorſtellen. Jeder Kalkſpathkryſtall wird daher als aus einer unzählbaren Menge kleiner Rhomboëder zuſammengeſetzt vorzuſtellen ſein. In dieſen kleinen Kryſtallen ſind dann die Hauptſchnitte und Axen eben ſo geordnet, wie in den großen, und ihre Axen werden alle parallel der Axe des großen ſein, ſo wie ihre Hauptſchnitte parallel dem Hauptſchnitte des großen.

Wenn man dieſen Kryſtall auf einen ſchwarzen Punkt oder auf einen Buchſtaben legt, ſo erſcheint derſelbe doppelt. Man kann auch einen Lichtſtrahl von einem leuchtenden Punkte hindurch gehen laſſen, nach ſeinem Durchgange erſcheint derſelbe doppelt. Um nun aber genauer zu beſtimmen, welches die Größe der Brechung für dieſe Strahlen ſei, hat Malus ein einfaches Mittel angegeben. Man zeichne nämlich auf eine Elfenbeinplatte mit einer recht ſtarken Schwärze ein rechtwinkliges Dreieck ABE, (Fig. 124.) deſſen eine Kathete ſehr klein im Verhältniß zu der anderen ſei, etwa nur $\frac{1}{10}$ ſo groß. Betrachtet man nun dieſes rechtwinklige Dreieck durch den Kalkſpath KT, ſo erſcheint es doppelt, wie die Zeichnung darſtellt, ſowohl in ABC, als auch in A′B′C′. Hier ſchneidet C′A′ die Linie AB in D′, nimmt man nun AD = A′D′, ſo findet man den Punkt D in CA, und dieſer entſpricht dem Punkte D′ in C′A′. Der Punkt D′ gehört ſowohl dem einen (ABC), als dem anderen Bilde (A′B′C′) an, alſo vereinigen ſich der gewöhnlich gebrochene Strahl von D′ und der ungewöhnlich gebrochene Strahl von D mit einander bei dem Austritte aus dem Kryſtalle zu Einem Strahle IL; und umgekehrt müßte ein Strahl LI, der vom Auge aus nach dem Kryſtalle ginge in zwei Strahlen ID und ID′ zerlegt werden; beſtimmt man nun den Einfallspunkt I und die Neigung des Strahles gegen ADBC, ſo kann man daraus die Brechungsgeſetze finden. Die wichtigſten Erſcheinungen, welche am Kalkſpath beobachtet werden, ſind folgende:

1) Wenn ein Lichtſtrahl auf den Kryſtall in ſenkrechter Richtung fällt, ſo geht ein Theil deſſelben in derſelben Richtung fort, der andere Theil aber, der ungewöhnlich gebrochene, wird um einen Winkel von 6° 12′ 38″ gegen den ſpitzen Winkel des Rhomboëders abgelenkt, ſo jedoch, daß er mit dem ungebrochenen Strahle in einer Ebene liegt, welche parallel dem Hauptſchnitte iſt.

2) Schneidet man den Kryſtall ſo, daß er zwei Oberflächen erhält, welche ſenkrecht auf der Axe ſtehen, und läßt den Lichtſtrahl in ſenkrechter Richtung auf eine dieſer Flächen fallen, alſo parallel mit der Axe, ſo geht derſelbe einfach und ungebrochen durch den Kryſtall hindurch; legt man den Kryſtall mit einer der auf die Axe ſenkrecht geſchnittenen Flächen auf einen Punkt, und bringt das Auge in ſenkrechte Stellung über den Kryſtall, ſo ſieht man den Punkt nur einfach.

Digitized by Google

Fällt hingegen der Strahl geneigt gegen die erwähnte Fläche des Kryſtalles, ſo wird er doppelt gebrochen, und zwar liegt der gewöhnlich gebrochene Strahl der Axe näher als der ungewöhnlich gebrochene. Beide Strahlen, der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene liegen aber in Einer Ebene mit dem einfallenden Strahle und dem Einfallslothe*).

3) Gibt man dem Kryſtalle zwei Oberflächen, von denen die eine ſenkrecht gegen die Axe ſteht, die andere aber eine beliebige Neigung gegen dieſelbe hat, und läßt ſodann einen Lichtſtrahl auf die gegen die Axe ſenkrechte Fläche einfallen, ſo geht derſelbe ungebrochen und ungetheilt durch den Kryſtall hindurch, auf der anderen ſchief gegen die Axe geneigten Fläche wird er bei ſeinem Austritte nach den Geſetzen der einfachen Brechung gebrochen. Fällt ein Strahl auf die gegen die Axe geneigte Fläche in ſolcher Richtung auf, daß er nach der Brechung an dieſer Fläche mit der Axe des Kryſtalls parallel wird, ſo geht er durch den Kryſtall ohne getheilt zu werden hindurch, und tritt ohne nochmals gebrochen zu werden aus demſelben heraus.

4) Schneidet man einen Kryſtall ſo, daß er zwei Oberflächen erhält, welche mit der Axe parallel ſind, und fällt ein Lichtſtrahl ſo auf eine dieſer Flächen ein, daß die Einfallsebene ſenkrecht auf der Axe ſteht, ſo fallen der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene Strahl in dieſelbe Einfallsebene (natürlich dieſelbe durch den Kryſtall hindurch verlängert gedacht). Zwiſchen den Sinuſſen**) der Einfallswinkel und den Sinuſſen ſowohl des gewöhnlich gebrochenen als des ungewöhnlich gebrochenen Strahles findet, wie groß auch der Einfallswinkel ſein mag, ein beſtimmtes Verhältniß ſtatt. Dieſes Verhältniß iſt, in Bezug auf den gewöhnlich gebrochenen Strahl = 1 : 0,604; in Bezug auf den ungewöhnlich gebrochenen Strahl = 1 : 0,674. Der gewöhnlich gebrochene Strahl weicht vom Einfallslothe mehr ab, als der ungewöhnlich gebrochene Strahl. — Fällt bei einem parallel mit der Axe zugeſchnittenen Kryſtall ein Lichtſtrahl ſo ein, daß die Einfallsebene durch die Axe geht, ſo daß die Axe ganz in ſie zu liegen kommt, oder daß die Axe parallel mit der Einfallsebene geht; ſo iſt der Brechungswinkel des gewöhnlich gebrochenen Strahls größer als der des ungewöhnlich gebrochenen, indem hier wie in allen Fällen doppelter Strahlenbrechung beim Kalkſpath, der ungewöhnlich gebrochene Strahl von der Axe des Kryſtalles gleichſam abgeſtoßen erſcheint, wodurch er in gegenwärtigem Falle dem Einfallslothe näher gerückt wird als der gewöhnlich gebrochene Strahl.

5) Wenn man einen Lichtſtrahl auf die natürliche Oberfläche eines Kalkſpathkryſtalles auffallen läßt, ſo wird derſelbe, wie ſchon unter 1) bemerkt worden, in zwei Strahlen zerlegt, bringt man nun unter

---

*) Vergl. den Art. Brechung, einfache, S. 333 und 334.

**) S. S. 334 und S. 346 Kalkſpath; $\frac{1}{0,604} = 1,65$ und $\frac{1}{0,674} = 1,48$, welches die Brechungsexponenten.

Digitized by Google

diesen Krystall einen zweiten so, daß die Axen beider Krystalle und die einander entsprechenden Seitenflächen mit einander parallel gehen; so geht sowohl der gewöhnlich gebrochene Strahl, als der ungewöhnlich gebrochene durch den zweiten Krystall, der erste nach den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung, der zweite nach den Gesetzen der ungewöhnlichen Brechung hindurch, ohne daß eine neue Spaltung der Strahlen erfolgt. Dreht man nun den zweiten Krystall so, daß die brechenden Flächen desselben parallel mit den brechenden Flächen des ersten Krystalles bleiben, so wird jeder der beiden Strahlen wieder in zwei zerlegt, welche anfangs von ungleicher, nach Vollendung des achten Theiles der Drehung aber von gleicher Lichtstärke sind. Bei fortgesetzter Drehung nehmen zwei Strahlen wieder mehr und mehr ab, bis sie nach Vollendung von $\frac{1}{4}$ der Drehung verschwunden sind. Nun geht der als gewöhnlich gebrochener Strahl aus dem ersten Krystall kommende Strahl nach den Gesetzen ungewöhnlicher Brechung im zweiten Krystalle fort, und der als ungewöhnlich gebrochener Strahl aus dem ersten kommende nach den Gesetzen gewöhnlicher Brechung. Setzt man die Drehung noch weiter fort, so wiederholen sich die eben beschriebenen Erscheinungen, von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ der Drehung.

Die Erscheinungen, welche hier in Bezug auf den Kalkspath beschrieben worden, kommen nun auch bei den andern Krystallen, welche doppelte Strahlenbrechung zeigen, im allgemeinen eben so vor*). Bei jedem wird der ungewöhnlich gebrochene Strahl mehr oder weniger von der Axe abgestoßen, oder auch angezogen, so daß er bei manchen weniger als der gewöhnlich gebrochene Strahl gebrochen erscheint. Schon von

---

*) Marx empfiehlt zu Versuchen über die Doppelbrechung in hohem Grade die, mit einer einzigen den unregelmäßig gebrochenen Strahl abstoßenden Axe begabten, Krystalle des salpetersauren Natrons, dessen Doppelbrechung noch stärker als die des Kalkspathes ist, indem das beständige Verhältniß des Einfallssinus zum Brechungssinus für den gewöhnlichen Strahl nach Marx Messungen = 1,481 und für den ungewöhnlichen Strahl = 1,251 ist, während es beim Kalkspath 1,6543 und 1,4833 ist.

In Nachtheil steht die Anwendung des salpetersauren Natrons gegen die des isländischen Spathes in so fern, als es vom letztern leicht ist, sich große und durchsichtige Stücke zu verschaffen, denen ihre natürliche Härte und Unauflöslichkeit im Wasser eine gleichförmige, unveränderliche Dauer verleiht, während man sich von jenem meist mit kleinen Krystallen begnügen muß, deren Klarheit nicht immer vollkommen ist, deren Weiche ein genaues Zuschleifen verhindert und die in feuchter Luft leicht anlaufen und matt werden, wogegen sich jedoch klare Krystalle durch einen sehr dünnen Firniß- oder Fettüberzug schützen lassen. Dagegen gewähren sie den Vortheil, daß sie zu jeder Zeit aus einer wässerigen Auflösung und bei gehöriger Masse und Vorsicht oft in zollgroßen Stücken dargestellt, und wegen ihrer geringen Härte zu optischen Zwecken schnell und ohne Mühe zugerichtet werden können. Die gewöhnlich erscheinende Gestalt des salpetersauren Natrons ist die eines stumpfen Rhomboeders (Fig. 125.)

Digitized by Google

Huighens ist eine Construction angegeben worden, um in jedem bestimmten Falle die Richtung des ungewöhnlich gebrochenen Strahles bestimmen zu können. Da sie aber höhere mathematische Vorkenntnisse erfordert, um verstanden zu werden, als wir hier voraussetzen, so muß sie unerwähnt bleiben.

Der Kalkspath hat, wie gesagt worden, nur Eine Axe, andere Krystalle haben deren zwei, und nach Fresnel folgt bei diesen keiner der gebrochenen Strahlen genau den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung.

Im Art. Brechung, einfache, S. 343. ist angegeben worden, daß in gewissen Fällen eine Zurückwerfung des gebrochenen Strahles stattfinde. Jenen Erscheinungen bei einfacher Brechung entsprechend, kommt auch bei den doppelt brechenden Krystallen Zurückwerfung, theilweise oder gänzliche, vor, wenn der gebrochene Strahl die zweite Oberfläche erreicht. Brandes beschreibt den Hergang der Erscheinung wie folgt:

Ist erstlich der Strahl, welcher die innere Oberfläche trifft, ein gewöhnlich gebrochener, so erhält man zwei zurückgeworfene Strahlen, deren einer, der der gewöhnlichen Brechung folgende, ganz so wie in andern Fällen reflectirt wird, der andere dagegen hat die Richtung, welche ein ungewöhnlich gebrochener Strahl haben würde, wenn der eben beschriebene, gewöhnlich gebrochene, einem von außen kommenden Strahle zugehörte und der ungewöhnlich gebrochene eben demselben seinen Ursprung verdankte.

Wäre dagegen zweitens der die innere Oberfläche treffende Strahl ein ungewöhnlich gebrochener, so ist es nöthig, den ihm zugehörenden gewöhnlich gebrochenen zu berechnen, nämlich diejenige Richtung, die dieser haben würde, wenn jener da eindränge, wo er die Oberfläche trifft; führt man dann aus diesem berechneten Strahle die Bestimmung beider nach der Reflexion hervorgehenden Strahle so, wie im ersten Falle, so hat man beide reflectirte Strahlen, oder kurz: ein gewöhnlich gebrochener und ein ungewöhnlich gebrochener Strahl, die sich bei ihrem innern Einfallen begleiten, begleiten sich auch nach der Reflexion.

Zuweilen findet noch eine größere Vervielfältigung der Bilder bei doppelt brechendem Krystalle statt, welches, wie Marx dargethan hat, von feinen Sprüngen im Krystalle herkommt. Er konnte nämlich bei Krystallen von salpetersaurem Natron, dessen Doppelbrechung noch stärker als die des Kalkspathes ist, willkührlich eine Vervielfältigung der Bilder bewirken, wenn er in einem klaren Krystalle, parallel der stumpfen Kante, mit einem glühend heißen Messer einsetzte, wodurch der Krystall einen leichten Sprung bekam. Dasselbe gelang ihm auch an ganz reinen und gleichförmig durchsichtigen Stücken vom Doppelspathe. Sehr merkwürdig ist, daß sich durch schnelles Abkühlen stark erhitzten Glases, wie Seebek entdeckt hat, auch dem Glase die Eigenschaft doppelt brechender Krystalle mittheilen läßt. Auch durch starken Druck erhält das Glas die Eigenschaft doppelt zu brechen, welches Fresnel in folgender Art gezeigt hat.

Da sich wohl voraussehen ließ, daß ein Prisma bei sehr geringer Ablenkung beider Strahlen von einander nicht hinreichen würde, um

ein doppeltes Bild zu zeigen, so legte Fresnel vier Prismen, deren brechender Winkel ein rechter war, so neben einander, daß die brechenden Winkel nach einer Seite lagen, und die parallelen Kanten der neben einander liegenden Grundflächen sich berührten. Diese vier Prismen waren so zwischen einen eisernen Schraubstock gelegt, daß sie dadurch der Länge nach zusammengepreßt werden konnten. Um diese Prismen zu achromatisiren, oder jede, hier nicht zum Zweck gehörende Brechung aufzuheben, wurden die Zwischenräume zwischen diesen Prismen durch völlig gleiche, umgekehrt liegende Prismen ausgefüllt, und an den Enden Prismen von 45 Grad angelegt, um ein rechtwinkeliges Parallelepipedum zu bilden, wodurch das Licht geradlinig fortgehen würde, wenn alle in ihrer natürlichen Beschaffenheit blieben. Um die Reflexionen an den Oberflächen zu hindern, war zwischen den Flächen Terpentin aufgestrichen. Nachdem alles so vorgerichtet war, wurden die ersten vier Prismen stark zusammen gepreßt, während die etwas kürzeren, zur Ausfüllung und Achromatisirung bestimmten, diesen Druck nicht litten, und es ließ sich nun voraussehen, daß die kleine Abweichung der beiden Strahlenbüschel von einander, die etwa im ersten Prisma entstehen möchte, sich im zweiten, dritten, vierten vermehren müsse; und wirklich zeigten sich bei starker Compression zwei deutlich von einander entfernte Bilder, wie es hier, wo der Strahl senkrecht auf die Richtung der Compression, welche zugleich die Axe doppelter Brechung ist, durchging, der Fall sein mußte.

Die Erscheinungen doppelter Strahlenbrechung hängen innig zusammen mit denen der Polasirung des Lichtes s. d. Art.

Breite, geographische. — Die geographische Breite eines Ortes, auf der Erde heißt die Entfernung dieses Ortes von dem Erd-Aequator, gemessen auf der Erdkugel; also ein Bogen des Meridians, der durch einen Ort geht, von diesem Orte bis zu dem Punkte, in welchem der Meridian den Aequator schneidet. Am Himmel gemessen ist die geographische Breite eines Ortes der Bogen des Meridians, der durch den Zenith des Ortes geht, vom Zenith bis zum Durchschnittspunkt des Meridians mit dem Aequator.

Wenn Fig. 126. HRT der Horizont eines Ortes in O ist, HZT sein Meridian, Z sein Zenith, AR der Aequator, und P der Pol ist, so ist AZ die Breite des Ortes. PT heißt die Polhöhe des Ortes; nun ist bekanntlich AP ein Viertelskreis (s. d. Art. Pol oder Aequator), und TZ ist auch ein Viertelskreis (s. d. Art. Zenith oder Horizont); folglich ist AP = TZ (nämlich = 90°); und folglich ist:

$$AP - PZ = TZ - PZ \text{ d. h. } AZ = PT$$

oder in Worten: die geographische Breite eines Ortes ist gleich seiner Polhöhe.

Die geographische Breite eines Ortes zu wissen, ist darum von Wichtigkeit, weil aus ihr und aus der Länge die Lage des Ortes auf der Erde bestimmt wird.

Digitized by Google

Breite eines Gestirnes heißt der Abstand desselben von der Ekliptik. Dieser Abstand ist der Bogen eines größten Kreises, welcher durch die Pole der Ekliptik und senkrecht durch die Ekliptik gelegt ist, und er wird begrenzt auf der einen Seite von dem Gestirne, auf der andern von der Ekliptik. Liegt der Stern nach dem Nordpole der Ekliptik zu, so heißt seine Breite nördlich, und südlich wird sie genannt, wenn der Stern nach dem Südpole der Ekliptik zu liegt. Die Breite eines Gestirnes kann daher nie über 90° betragen, bei 90° würde sie mit dem Pole zusammenfallen.

Da sich die Sonne immer in der Ekliptik befindet, so ist die Breite ihres Mittelpunktes = 0, oder ihr Mittelpunkt hat keine Breite. Eben so wenig haben andere in der Ekliptik liegende Sterne eine Breite. Die Breite der wandelnden Sterne, der Planeten und des Mondes ist zu verschiedenen Zeiten verschieden, bald nördlich, bald südlich.

Die alten Astronomen bestimmten den Ort eines Gestirnes nach seiner Breite und Länge, jetzt wird diese Bestimmung durch die gerade Aufsteigung und Abweichung gegeben.

Häufig wird die Lage der Planeten durch Höhe und Breite gegeben. Die Lage, in welcher ein Planet vom Mittelpunkt der Sonne aus gesehen würde, heißt seine heliocentrische Lage (v. d. griech. Ἥλιος Sonne, und κέντρον Mittelpunkt); die Lage dagegen, in welcher ein Planet vom Mittelpunkte der Erde aus gesehen würde, heißt seine geocentrische Lage (v. d. griech. γῆ Erde). Hiernach unterscheidet man heliocentrische Breite und geocentrische Breite.

Brennglas, Brennlinse, ist ein entweder auf einer oder auf beiden Seiten erhaben geschliffenes Glas (Linsenglas, s. d. Art.), auf welches man die Sonnenstrahlen senkrecht auffallen läßt, wodurch diese in einen kleinen Raum vereinigt werden, und dort eine gewaltige Hitze bewirkt wird. Je größer das Brennglas, je kürzer die Brennweite und je kleiner der Raum ist, in welchem durch dasselbe die Sonnenstrahlen zusammen gebracht werden, desto bedeutender ist die Wirkung des Brennglases. Um nun diesen Raum so klein als möglich zu erhalten, pflegt man bei großen Brenngläsern da, wo die Strahlen schon ziemlich nahe vereinigt sind, eine Sammellinse anzubringen, welche die Strahlen dann in einen noch engern Raum zusammendrängt.

Es scheint nach einer Stelle des griechischen Dichters Aristophanes ziemlich gewiß, daß schon die alten Griechen die Brenngläser gekannt haben; aber genaueres wissen wir hierüber nicht. Auch die Römer Plinius und Lactantius (der zur Zeit Constantin des Großen lebte) sprechen von Kugeln, die als Brenngläser wirkten.

Der erste, welcher Brenngläser von bedeutender Wirkung herstellte war Tschirnhausen. Eines seiner Brenngläser hatte 33 Zoll Durchmesser und 7 Fuß Brennweite, ein anderes, eben so großes hatte 12 Fuß Brennweite, und ein drittes hatte 24 Zoll Durchmesser und 6 F. Brennweite. Hartsöker hatte ein Brennglas von 41 Z. Breite und 9 F. Brennweite. Diese Gläser brachten eine so starke Hitze hervor,

Digitized by Google

daß Metall dadurch geschmolzen, einige Metalle sogar bei längerer Einwirkung der Hitze des Brennglases in Dampf verwandelt wurden; grünes und nasses Holz wurde verbrannt, und Steine wurden glühend. Auch Cadet, Brisson, Macquer und Lavoisier haben Versuche mit großen Brenngläsern angestellt. Um größere Durchsichtigkeit zu erlangen, als bei den aus dickem Glase verfertigten Tschirnhausenschen Brenngläsern möglich war, so ließ Trudaine zwei Gläser, die 4 F. Durchmesser hatten, und Abschnitte von Kugeln waren, deren Halbmesser 8 F. betrug, zusammensetzen, und den Raum zwischen beiden Gläsern mit Terpentinöl füllen. Die größte Dicke des Zwischenraumes betrug $5\frac{1}{2}$ Zoll. Bei der großen Brennweite dieses Instrumentes von mehr als 10 Fuß konnte man deutlich die verschiedene Lage des Brennpunktes für die verschiedenen Farbenstrahlen*) bemerken, woraus sich dann ergab, daß die größte Hitze nahe an den Vereinigungspunkt der gelben Strahlen fiel.

Mit dem so gewonnenen Brennglase wurden außerordentliche Wirkungen hervorgebracht, in einer halben Minute wurden Kupfermünzen geschmolzen. Noch erhöht wurde die Wirkung durch eine Sammellinse, welche $8\frac{1}{2}$ Z. Durchmessen und 1 F. 10 Z. 8 L. Brennweite hatte. Nun hatte der Brennraum nur 8 Linien Durchmesser, in dem Eisen auf einer Kohle fast sogleich schmolz; das Eisen gab einen brennenden Rauch von sich, der unten als wahre Flamme erschien, und verwandelte sich endlich in verglaste Schlacke. Platin kam zwar nicht ganz zum Flusse, rauchte aber und vereinigte sich in eine Masse. Die Anwendung von Sammellinsen zu Erhöhung der Wirksamkeit von Brenngläsern hatte schon Tschirnhausen gemacht und empfohlen. Besonders stark zeigt sich die Wirkung der Hitze auf Körper, welche auf Holzkohle liegen, wozu anfangs die Schwärze, später das Brennen derselben beitragen mag. Durchsichtige Körper werden hingegen weniger erhitzt, weil sie die Strahlen durchlassen. Gar keine Wärme gibt das mit Brenngläsern gesammelte Licht des Mondes. In Paris hat man jetzt ein Brennglas, welches alle früheren noch an Wirksamkeit übertrifft. Es hat einen Durchmesser von 3 Fuß und nur einen Brennraum von 4 Lin. im Durchmesser, und soll Platin schmelzen und Diamanten verbrennen.

Das Gießen und Schleifen sehr großer Linsen hat viele Schwierigkeiten, und die dicken Glasmassen hindern sehr den Durchgang der Strahlen. Deßwegen schlug schon Buffon vor, die Gläser zonenweise zu schleifen. Buffon wollte solche Brenngläser aus Einem Stücke schleifen. Dagegen gibt Brewster den Rath, dieselben aus mehrern Stücken zusammen zu setzen. Ein solches Brennglas stellt Fig. 127. im Durchschnitte durch die Axe AB vor, F. 128. von vorn gesehen. Das ganze Brennglas hat einen Durchmesser von 4 F.

Die mittlere Linse Nr. 1. hält 18 Zoll Durchmesser und ist von Flintglas: sie wird von der Zone CD, die aus vier zusammengekitteten Segmenten A besteht, umschlossen, daran schließt sich die aus acht

*) S. d. Art. Brechbarkeit.

Digitized by Google

Segmenten zusammengesetzte Zone AB an. Fig. 129. zeigt ein solches Segment. Brewster führt folgende Vorzüge dieser zusammengesetzten Gläser an. 1) Man bedarf nicht so großer ganz reiner Glasmassen, kann also aus einem großen Glasstücke den Theil, der recht rein ist, wählen. 2) Eine zufällige Beschädigung zerstört nicht sogleich das ganze Glas, und ist eher durch ein neues Segment zu ersetzen. 3) Die Abweichung wegen der Kugelgestalt kann größtentheils gehoben werden, weil man den Zonen eine solche Lage geben kann, daß ihre Brennpunkte nahe bei dem Brennpunkte der Mittellinse zusammentreffen. 4) Man kann diese Linsen nach und nach theilweise zu Stande bringen, und sie schon gebrauchen, wenn auch noch nicht alle Stücke fertig sind. 5) Will man sich zum Schleifen der Segmente kleinerer Schalen bedienen, so kann man jedes einzeln bearbeiten. 6) Wenn die Segmente nicht alle gleiche Brennweite haben, so ist es leicht, sie in den gehörigen Abständen vom Brennpunkte zu befestigen. Eine solche Zonenlinse würde nach Brewster's Meinung eben nicht über 300 Pf. Sterling kosten, wenn ihr Durchmesser 6 Fuß betrüge.

Um einen größern Hitzegrad zu erlangen, pflegt man auch mehrere Linsen so zu vereinigen, daß ihre Brennpunkte zusammenfallen. Einen solchen Apparat stellt Fig. 130. dar. Um den seitwärts stehenden Linsen das Licht in der erforderlichen Richtung zukommen zu lassen, sind Planspiegel in P und P aufgestellt, welche das Licht nach den Linsen zu werfen.

Brewster nennt einen solchen Apparat, der aus einer noch größeren Anzahl solcher unter einander gleichen Linsen zusammengesetzt ist, die in einer Kugeloberfläche neben einander geordnet sind, eine Brennkugel; der Mittelpunkt der Kugel ist der Punkt, in dem sich die Brennpunkte sämmtlicher Linsen vereinigen. Ein solcher Apparat ist einem großen Brennglase an Wirksamkeit gleich, und demselben noch vorzuziehen, weil kleinere Linsen leichter herzustellen sind, auch leichter zu ihnen gutes Glas sich findet, als zu einem großen Brennglase.

Eine nützliche Anwendung von nach Büffon's Vorschlage gefertigten Brenngläsern hat Fresnel vorgeschlagen und Becquey hat sie ausführen lassen, nämlich zu Verstärkung des Lichtes auf Leuchtthürmen. Brandes beschreibt diese neue Einrichtung der Leuchtthürme wie folgt:

„Aus linsenförmig geschliffenen Gläsern werden quadratische Stücke von $27\frac{1}{2}$ Z. Seite geschnitten, und 8 solcher Brenngläser zu einem achteckigen geraden Prisma verbunden. Der 34 Z. entfernte Brennpunkt aller 8 Linsen fällt in einen einzigen Punkt, und hier befindet sich eine hellbrennende Lampe, deren Strahlen, weil sie vom Brennpunkte ausgehen, durch eine Linse parallel gebrochen und so ungeschwächt auf große Fernen sichtbar werden. Wenn die Lampe nur ein einziger leuchtender Punkt wäre, und die Abweichung wegen der Kugelgestalt und der Farbenzerstreuung nicht einwirkte, so würden diese Strahlen ganz allein nach den acht, auf die Seitenflächen des Prisma's senkrechten Richtungen fortgehen, und zwischen diesen Richtungen würde man kein Licht erblicken; aber die Größe

Digitized by Google

der Lampe bewirkt, daß das Licht sich in einem Kegel, dessen Winkel an der Spitze 7 Grad ist, ausbreitet. Damit nun aber die dunkeln Zwischenräume minder breit werden, bilden andere acht Linsengläser oberhalb der vorigen eine abgekürzte Pyramide, deren Seite gegen einen Theil jener dunkeln Zwischenräume gewandt sind, diese bringen ebenso parallele Strahlen hervor, die durch Spiegel in horizontaler Richtung zurückgeworfen werden. Durch dieses Hilfsmittel erhält man, obgleich das Licht der letztern acht Gläser schwächer als das der erstern ist, eine solche Ausbreitung der erleuchteten Gegend, daß die dunkeln Zwischenräume nur doppelt so viel als die erleuchteten Räume betragen, wenigstens wenn die Entfernung nicht über hunderttausend Fuß beträgt. Damit aber das Leuchten der Lampe nicht auf gewisse Gegenden beschränkt sei, hat die ganze Verbindung von Gläsern eine drehende Bewegung um eine durch den Mittelpunkt gehende verticale Axe, und man sieht daher in der Ferne bald ein schwaches, durch die obern Gläser hervorgebrachtes, bald ein starkes durch die Hauptgläser bewirktes Licht, welchem eine kurze Dunkelheit folgt, und dann sich die vorige Erscheinung erneuert. Dieser Wechsel dient zugleich, um dieses Licht von andern Lichtern zu unterscheiden, und den Schiffer zu überzeugen, daß er wirklich einen Leuchtthurm erblickt. Man hat diese Linsen, theils um sie minder schwer zu machen, theils um ihre Durchsichtigkeit zu vermehren, aus Zonen zusammengesetzt, und Fresnel scheint hierbei noch nicht Brewster's, sondern nur Büffon's Vorschlag gekannt zu haben. Die Wirkung einer sehr hell brennenden Lampe ist durch eine solche Linse so groß, daß man sie in 17 Lieues Entfernung am Tage mit dem Fernrohre sehen konnte, und sie Abends, eine Stunde nach Sonnenuntergang, mit bloßem Auge eben so hell sah, wie einen nur 5 Lieues entfernten englischen Feuerthurm.

Brennlinie heißt eine leuchtende Linie, welche sich zeigt, wenn bei durchgehendem oder zurückgeworfenem Lichte nicht alle Strahlen in Einen Punkt (Brennpunkt) vereinigt werden, sondern nur immer die nahe bei einander liegenden Strahlen. Die Punkte, in denen sich Strahlen schneiden, leuchten heller, und alle diese Punkte zusammengenommen geben die Brennlinie.

Man kann die Brennlinie häufig bemerken, z. B. wenn die Sonne in eine mit Milch fast gefüllte Tasse scheint. Dann sieht man auf der Milch die Brennlinie, welche gebildet wird von den Durchschnittspunkten der Strahlen, welche von der inneren glatten Fläche der Tasse zurückgeworfen werden. Bei durchsichtigen Körpern, welche die Strahlen nicht in einen Brennpunkt vereinigen, erscheinen ebenfalls Brennlinien *). — Man unterscheidet deßwegen katakaustische (v. d. griech. κατά wider und καίω brennen), und diakaustische (v. d. griech. διά durch und καίω) Linien. —

*) S. d. Art. Abweichung, optische S. 24.

Digitized by Google

Brennpunkt, Focus (lat. Herd) heißt derjenige Punkt bei Hohlspiegeln und Linsen, in welchen dieselben die von einem Gegenstande parallel mit der Axe auf sie fallenden Strahlen vereinigen, und so das Bild des Gegenstandes darstellen. Ist der Gegenstand, von dem die Strahlen ausgehen, zugleich ein Wärme ausstrahlender, so wird in dem Brennpunkte zugleich Hitze hervorgebracht.

Bei Linsengläsern ist der Brennpunkt nie ein wirklicher mathematischer Punkt, indem sowohl durch die Abweichung wegen der Kugelgestalt, als auch besonders durch die ungleiche Brechbarkeit*) der Farbenstrahlen kein eigentlicher Brennpunkt, sondern nur ein **Brennraum** hervorgebracht wird. Hier ist streng genommen der Brennpunkt nur der Punkt des **Brennraumes**, in dem sich diejenigen Strahlen vereinigen, welche sehr nahe bei der Axe parallel mit derselben einfallen. — Bei paraboliſchen Spiegeln vereinigen sich auch die entfernt von der Axe parallel mit derselben einfallenden Strahlen in einen Punkt, daher diese Spiegel in der That einen Brennpunkt haben. Die Auffindung des Brennpunktes bei den verschiedenen Spiegeln und Linsengläsern, s. unt. **Brennweite**.

Man unterscheidet **wirkliche** Brennpunkte, von denen eben gesprochen worden, und **eingebildete** Brennpunkte, oder **Zerstreuungspunkte**. Bei convexen Kugelspiegeln nämlich werden die Strahlen so zurückgeworfen und bei concaven Gläsern so gebrochen, daß es den Anschein hat, als gingen sie von einem Punkte aus, der nahe hinter der Oberfläche des Spiegels oder nahe vor dem Glase liegt. Diesen Punkt findet man, wenn man sich die zurückgeworfenen oder gebrochenen Strahlen rückwärts verlängert denkt. Ein **eingebildeter** heißt solch ein Brennpunkt, weil in der That in ihm keine Vereinigung der Strahlen stattfindet. S. d. Art. **Linsenglas**, **Brennspiegel**.

Brennspiegel sind Hohlspiegel**), welche die parallel mit der Axe einfallenden Sonnenstrahlen im Brennpunkte oder nahe um denselben herum vereinigen und dadurch starke Hitze und Entzündung bewirken. Die Kraft eines Brennspiegels ist desto größer, je mehr Flächeninhalt und eine je kürzere Brennweite er hat. Beim sphäriſchen Hohlspiegel vereinigen sich nie alle Strahlen genau in Einem Punkte, sondern nur die, welche nahe bei der Axe einfallen; beim paraboliſchen Hohlspiegel dagegen findet allerdings eine Vereinigung aller parallel mit der Axe einfallenden Strahlen statt.

Bei den Brennspiegeln findet nicht wie bei den Brenngläsern Brechung und dadurch Schwächung des Lichtes statt, daher wirken jene im Allgemeinen kräftiger als diese. Die Spiegel aber haben wieder den Nachtheil, daß bei der vortheilhaftesten Stellung gegen die Sonne, wo die Strahlen parallel mit der Axe einfallen, der Brennpunkt zwiſchen dem

---

*) S. d. Art. **Brechbarkeit** und **Abweichung, optiſche**.

) S. den Art. **Hohlspiegel.

Digitized by Google

Spiegel und der Sonne liegt, und sind daher weniger bequem zu gebrauchen, als die Brenngläser.

Schon bei den Alten wird der Brennspiegel Erwähnung gethan. Unter anderem wird erzählt: der berühmte Mathematiker Archimedes (lebte 287 bis 212 v. Chr. Geb.) habe die Schiffe der Römer, als sie seine Vaterstadt Syrakus belagerten, durch Brennspiegel in Brand gesteckt.**) Die Brennweite, welche Archimedes Spiegel hätten haben müssen, müßte sehr bedeutend gewesen sein; so daß es unmöglich erscheint, daß sich Archimedes ähnlicher Hohlspiegel, wie sie jetzt gewöhnlich und oben beschrieben sind, bedient habe. Die Möglichkeit der Sache ist jedoch durch Kircher und Buffon dargethan. Es ist nämlich erwiesen, daß man auch mittelst ebener Spiegel Brennspiegel herstellen kann. Buffon verband 168 ebene Spiegel, von denen jeder 6 Zoll hoch und 8 Zoll breit war, durch Charniere mit einander, und stellte dieselben nun so, daß alle oder eine große Menge derselben das Bild der Sonne auf Einen Punkt hin warfen. So gelang es ihm in Entfernungen von 20 Fuß, 30 Fuß, 150 Fuß große Hitze hervorzubringen. Unter andern entzündete er mit 40 Spiegeln auf 50 Fuß Entfernung ein getheertes tannenes Bret; mit 117 Spiegeln schmolz er Silber, und entzündete mit 128 Spiegeln auf 150 Fuß Entfernung ein getheertes tannenes Bret. Zugleich zeigte sich, daß man noch hinreichende Wirksamkeit erhielt, wenn auch der Brennpunkt nicht zwischen die Spiegel und die Sonne, sondern etwas seitwärts fiel.

Die durch Brennspiegel hervorgebrachte Hitze ist außerordentlich. Vilette brachte mittelst eines Hohlspiegels von 30 Zoll Durchmesser und 3 Fuß Brennweite die schwerflüssigsten Metalle zum Schmelzen, und verglasete Erden, Steine, Schmelztigel. Tschirnhausen besaß einen Brennspiegel, den er aus einer Kupferplatte hatte arbeiten lassen, und der 6 Fuß Durchmesser und 4 Fuß Brennweite hatte. Dieser entzündete Holz, schmolz Silber u. s. w.

Ueber die Anwendung der Brennspiegel bei Leuchtthürmen, s. d. Art. Hohlspiegel.

Brennweite heißt die Entfernung des Brennpunktes eines Linsenglases oder Hohlspiegels*) von der Mitte des Glases oder des Spiegels.

Bei paraboliſchen Spiegeln liegt der Brennpunkt im Brennpunkte der Parabel, durch deren Umdrehung man den Hohlspiegel entstanden denken kann. Beim ſphäriſchen Hohlspiegel ist die Brennweite gleich der Hälfte des Halbmessers der Kugel, von deren Fläche der Spiegel ein Abschnitt ist. Nimmt man an, daß beim Glase der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels sich ver-

*) Im J. 514 n. Chr. Geb. soll Proclus sich der Brennspiegel auf ähnliche Art gegen die Flotte des Vitalianus vor Constantinopel bedient haben.

**) S. die Artikel Linſenglas und Hohlſpiegel.

Digitized by Google

hält wie 3 zu 2 *) (also der Brechungsexponent $= \frac{3}{2} = 1,5$), und nennt bei einer auf beiden Seiten kugelförmig geschliffenen Linse den Halbmesser der Kugel, von deren Fläche die eine Fläche der Linse ein Abschnitt ist, r, und den Halbmesser der Kugel, von deren Fläche die zweite Oberfläche der Linse ein Abschnitt ist, r′; so gibt die Formel $= \frac{2rr'}{r+r'}$ die Brennweite der biconvexen Linse, d. h. die Brennweite ist bei einer solchen Linse gleich dem doppelten Producte aus den Halbmessern der Kugeln, von deren Flächen ihre Oberflächen Abschnitte sind, dividirt durch die Summe jener beiden Halbmesser. Nicht bei allen Glasarten ist aber das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels $= 3:2$ **) deuten wir dieß Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels allgemein an durch $m:n$, so ist die Brennweite $= \frac{nrr'}{(m-n)(r+r')}$. — Sind die Oberflächen einer biconvexen Linse Theile derselben Kugelfläche, oder w. d. entspricht beiden derselbe Halbmesser, so wird in der gegebenen Formel $r = r'$, und es ergiebt sich die Brennweite $= \frac{nr}{2(m-n)}$; und angenommen den Brechungsexponenten $\frac{m}{n} = 1,5$ (oder $\frac{3}{2}$), $= r$, d. h. bei solchen Linsen ist die Brennweite eben so groß wie der Halbmesser der Kugel, von deren Fläche die Oberflächen der Linse Theile sind. — Ist aber bei einer Linse nur die eine Oberfläche ein Theil einer Kugelfläche, deren Halbmesser $= r$ sei, die andere eben, so ist die Brennweite $= \frac{nr}{m-n}$ und $\frac{m}{n} = 1,5$ angenommen, $= 2r$, d. h. doppelt so groß als der Halbmesser. — Beim Meniskus ***) sei r′ der Halbmesser der erhabenen Fläche, r der Halbmesser der hohlen Fläche, so ist die Brennweite $= \frac{nrr'}{(m-n)(r-r')}$ (die Bedeutung von m und n ist die frühere). Bei concaven und concavconvexen Gläsern, wo der Halbmesser der convexen Fläche größer ist, als der Halbmesser der concaven Fläche, gibt es keinen Brennpunkt. — In diesen Formeln ist vorausgesetzt, daß die Dicke der Gläser sehr gering sei; daher gelten sie nicht für die Kugel. Bei dieser ist die Brennweite (die Entfernung des Brennpunktes vom nächsten Punkte der Kugelfläche) halb so groß, als der Halbmesser der Glaskugel. Die allgemeine Formel für Kugeln aus jeder Materie ist:

---

*) S. d. Art. Brechung, einfache S. 334.

**) S. d. Art. Brechung, einfache, die Tabelle S. 345 f.

***) S. d. Art. Linsenglas.

Digitized by Google

Brennweite $= (n - \frac{1}{2}m)r$; wo r der Halbmesser der Kugel, m : n = dem Verhältnisse des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels ist. — Man findet die Brennweite durch Beobachtung, wenn man die Sonnenstrahlen parallel mit der Axe einfallen läßt, und nun die Stelle sucht, wo sich das Sonnenbild am reinsten und hellsten auf einer senkrecht gegen die Axe gehaltenen Ebene zeigt.

Brillen sind geschliffene Gläser, welche mittelst eines Gestelles vor die Augen gebracht werden, um bei einer fehlerhaften Beschaffenheit der Augen, welche das deutliche Sehen hindert, dieses herzustellen.

Als Erfinder wird Alexander de Sina, der 1313 zu Pisa starb, angegeben, der bei einem andern eine Brille sah, und als dieser ihm nähere Mittheilungen verweigerte, selbst eine solche verfertigte.

Das gewöhnlichste Material, dessen man sich zur Verfertigung der Brillen bedient, ist das englische Kronglas und das weiße Tafelglas; es ist am wohlfeilsten und wird aus diesem Grunde am häufigsten gebraucht. Zur Anfertigung zusammengesetzter Gläser bedient man sich des Kronglases in Verbindung mit dem Flintglase. Bei weitem besser als jene Glasarten ist das Flintglas; es ist zwar theurer, aber auch viel härter und reiner und verdient daher zur Anfertigung einfacher Gläser unbedingt den Vorzug, besonders solcher Gläser, die für Kurzsichtige bestimmt sind. Das schönste Material aber, dessen man sich zur Anfertigung einfacher Gläser bedienen kann, ist der sogenannte brasilianische Kiesel oder Bergkrystall. Der Vorzug dieses Krystalls besteht vorzüglich darin, daß er außerordentlich rein ist, daher die Augen am wenigsten reizt und ermüdet, daß er nicht so leicht zerbricht, durch keinen Stoff, der weicher als ein Diamant ist, geritzt, und so ohne Futteral in der Tasche getragen werden kann, welches besonders für Reisende und kurzsichtige Personen von großem Vortheil ist. Dagegen muß freilich erinnert werden, daß dergleichen Brillengläser so theuer sind, daß sich der Aermere ihrer gar nicht bedienen kann; denn ein Paar der besten Krystalle kostet 8 bis 12 Thaler, d. i. eben soviel als acht Paar der besten Gläser.

Man erhält jetzt schon für wenige Groschen ziemlich gute Brillengläser; allein in der Wahl derselben muß man vorsichtig sein, da sie sehr häufig, besonders die der herumziehenden Brillenhändler, mancherlei Mängel, wie Adern, Flecken, Schrammen, Bläschen u. s. w. haben. Um Adern in einem convexen Glase, welche das Sehen unvollkommen machen, indem sie die Gegenstände verrücken und entstellen, zu entdecken, stelle man ein Licht 13 bis 16 Fuß von sich, dann sehe man durch das Glas, entferne es vom Auge, bis man es voller Licht findet, und man wird deutlich jede Ader in demselben sehen. Flecken und Schrammen sind nicht so schädlich als Adern, weil sie nicht den Gegenstand entstellen, sondern nur einen Theil des Lichtes auffangen. Um die Figur des Glases zu prüfen, lege man ein Buch vor sich hin, halte die Brille in der Hand, und entferne sie allmählig, indem man hindurchsieht, von dem Buche. Ist die Figur des Glases fehlerhaft, so

Digitized by Google

werden die Gegenstände entstellt und verwirrt erscheinen. So z. B. wenn man sich durchkreuzende Linien, die kleine Vierecke bilden, vorlegt, so werden einige der Vierecke mit geraden Seiten deutlich und alle von derselben Größe erscheinen, andere mit gekrümmten Seiten von verschiedener Größe und verwirrt; so daß weder das Ganze dem Originale gleicht, noch einzelne Theile desselben in der nämlichen Entfernung deutlich sein werden. Betrachtet man hingegen einen solchen Gegenstand durch ein richtig geschliffenes Glas, so wird er überall genau und deutlich erscheinen, nur in vergrößerter Gestalt, nach dem Grade der Vergrößerung des Glases; und wenn man allmählig das Glas über den Brennpunkt hinaus entfernt und das Glas mit der Fläche des Papiers parallel hält, so werden alle Theile des Gegenstandes in derselben Entfernung gleich undeutlich werden.

Was die Farbe des Glases anlangt, so ist die beste Masse diejenige, durch welche die Gegenstände so viel als möglich in ihrer natürlichen Farbe erscheinen. Gefärbte Gläser zerlegen einen Theil des einfallenden Lichtes so, daß sie gewisse Farben daraus verschlucken und die übrigen durchlassen, ein anderer Theil aber unzerlegt und unverschluckt durch sie hindurchgeht. Der leichteste Weg: die Farbe eines Glases zu untersuchen, ist, daß man es auf weißes Papier legt. Indeß bedient man sich auch gefärbter Gläser, der grünen, blauen, azurfarbenen und selbst der dnnkelblauen, theils um den gewöhnlichen Lichtreiz für sehr empfindliche Augen zu mäßigen, theils um die Augen beim Anblick heller Gegenstände gegen zu grelles Licht zu schützen. Bei Gebirgsreisen über große Schneeflächen, welche von der Sonne stark beschienen werden, muß man die Augen mittelst blauer Gläser schützen. Reizbaren Augen empfiehlt man im Sommer bei hellem Sonnenlicht azurfarbene Gläser. Die grünen Gläser, welche früher zu diesem Zweck in häufigem Gebrauche waren, sind weniger zu empfehlen, weil die Gegenstände gelb und mit einem rothen Rande erscheinen, wenn man längere Zeit durch sie sieht.

Die Form der Gläser ist sowohl ihrer Begrenzung als der Oberfläche nach verschieden. Gewöhnlich gibt man ihnen eine runde oder ovale Form; bisweilen macht man sie auch achteckig. Für den Gebrauch ist dieß nicht ganz gleichgültig. Denn ein Brillenglas muß einen so großen Umfang haben, daß der Kranke nicht über den Rand desselben hinwegzuschauen vermag. Es ist dieses eine nothwendige Bedingung des unschädlichen Gebrauchs derselben, und deshalb möchte die runde Form, oder die Form der alten spanischen Brillen mit großen Gläsern unter allen Umständen vor der der jetzt üblichen kleinen Gläser, die ein Oval, dessen Gestalt der Oeffnung des Auges ähnlich ist, darstellen, den Vorzug verdienen. Bei den Lorgnetten hat man zum Theil noch die runde Form beibehalten. — Größer ist die Verschiedenheit in der Gestalt der Flächen der Gläser. Sie sind entweder platt, gleichen einem gewöhnlichen Fensterglase und heißen Plangläser. Solcher Gläser pflegt man sich in denjenigen Fällen zu bedienen, wo man das Auge gegen die Einwirkung äußerer Schädlichkeiten, als gegen

Staub und Wind schützen will, oder wo das Auge sehr reizbar ist und zu grelles Licht, wie das des Schnees, der Sonne und anderer heller Gegenstände nicht verträgt; und zwar bedient man sich in diesem letztern Falle der gefärbten Gläser.

Gewöhnlich sind die Gläser entweder auf beiden Seiten hohl oder auf beiden Seiten erhaben geschliffen. Wollaston hat den Gebrauch von Menisken*) angerathen, weil man dadurch bequem nach allen Seiten sehen kann, indessen haben diese sogenannten periskopischen (v. d. griech. περισκέπτω, rings herum sehen) Gläser den Nachtheil, daß sie stark spiegeln.

Endlich hat Galland v. Cherveux Gläser mit cylinderförmigen Oberflächen vorgeschlagen, welche aus Segmenten eines Cylinders mit sich durch durchkreuzender Axe und Oberfläche bestehen sollen. Sie werden meistens achteckig geschliffen, erreichen aber den angegebenen Zweck nicht, und geben, vorzüglich, wenn die Cylinder von kurzen Radien sind, außerhalb der Mitte auffallend verzerrte Bilder.

Dem Zweck nach theilt man die Brillen ein in solche, welche für empfindliche, weitsichtige und kurzsichtige Augen bestimmt sind. Zu jenen gehören die Plangläser, sie mögen nun gefärbt sein oder nicht; von ihnen ist schon die Rede gewesen. Man spricht zwar auch von Conservations- oder Präservativbrillen, unter denen man Gläser versteht, welche dazu dienen sollen, die Sehkraft gesunder Augen zu erhalten und die geschwächter Augen zu stärken. Dergleichen Gläser gibt es aber nicht. Denn jedes Glas, und wenn es noch so rein wäre, ist ein dichteres Mittel als die Luft, das Auge wird daher beim Gebrauch desselben immer etwas angestrengt. Sind die Gläser gut, so ist die Anstrengung so gering, daß sie nicht bemerkbar wird und gesunden Augen nicht schaden kann; bereits geschwächten kann sie aber sehr nachtheilig werden. Höchstens könnte man mit jenem Namen die Staubbrillen und die, welche für empfindliche und lichtscheue Augen bestimmt sind, belegen.

Ueber den Grund der Weitsichtigkeit und der Kurzsichtigkeit s. d. Art. Gesicht.

Die Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit lassen oft keine radicale Heilung zu und können dann nur palliativ, nämlich durch den vorsichtigen Gebrauch der Brillen verbessert werden. Für den Kurzsichtigen sind hohlgeschliffene Gläser, für den Weitsichtigen erhaben geschliffene nöthig. Bei jenem nämlich sollen die von einem Gegenstande ausgehenden Strahlen durch die vorgehaltene concave Linse*) so auseinander gelenkt und gebrochen werden, daß ihr Vereinigungspunkt nicht vor der Netzhaut, sondern auf derselben Statt findet. Bei diesem aber sollen die Strahlen, welche sich hinter der Netzhaut erst vereinigen, durch die vorgehaltene convexe Linse zusammengelenkt und ihre Divergenz so vermindert werden, daß die Vereinigung auf der Netzhaut geschieht.

---

*) S. d. Art. Linsenglas.

**) S. d. Art. Linsenglas.

Digitized by Google

Viele, selbst berühmte Augenärzte, wollen den Gebrauch der Brillen auch bei abgestumpfter Empfindlichkeit der Netzhaut gestatten, allein durch den hierdurch entstehenden Lichtreiz wird das Gesicht sehr häufig in der Folge so verschlechtert, daß vollkommene Blindheit entsteht, abgesehen davon, daß die Kranken oft gar keine passende Brille finden, weil die Abnormität nicht in den durchsichtigen und brechenden Theilen des Auges liegt.

Im gemeinen Leben wählt man die Brillen durch Versuche, vermittelst derselben zu lesen, da aber bei so oberflächlicher Wahl leicht beträchtliche Mißgriffe gethan werden können, so ist es nothwendig, sie nach gehöriger Berechnung zu wählen. Um also eine passende Brille für ein weit- oder kurzsichtiges Auge zu wählen, ist es nothwendig, daß man die Entfernung des deutlichen Sehens oder den für ein Auge nöthigen Abstand des Gegenstandes wisse. Hierbei ist folgendes zu beachten: Man halte eine Schrift von mittelmäßiger Größe zuerst in der Normalentfernung von 15 bis 20 Zoll und entferne sie von da aus bei den Weitsichtigen, und nähere sie bei den Kurzsichtigen langsam, bis sie ganz rein wird, um auf diese Weise die möglichst geringe Abweichung vom Normalzustande zu treffen. Dann wiederhole man den Versuch, wobei man auch einigemal die Schrift sogleich in die vorhin gefundene Entfernung stellen kann; denn es könnte sein, daß bei der langsamen Entfernung vom Normalpunkte das Auge nach und nach angespannt würde, und daß sich daher bei der ersten Messung der wahre Grad seiner Schwäche nicht zeigte. Man mache die Versuche unter gewöhnlichen Umständen, bei gewöhnlichem Licht und gewöhnlichem Zustande des Körpers und Gemüths. Soll aber die Brille stets bei Lampenschein gebraucht werden, so müssen auch bei Lampenscheine, nicht am Tage, die Versuche angestellt werden. Es kann sein, daß die Sehkraft beider Augen ungleich ist, dann muß bei jedem Auge die Entfernung besonders gemessen und jedem auch ein besonderes Glas berechnet werden. Hat man nun so die Entfernung des deutlichen Sehens gefunden, so mißt man dieselbe mittelst eines Fadens vom Augenliede an bis zu dem bezeichneten Punkte, und bestimmt das Maß nach Zollen. Auch hat man zur Bestimmung der Grenzen des deutlichen Sehens sich gewisser Vorrichtungen bedient; deren Wesentliches in nichts anderem besteht, als in einem weißen Faden, der auf einer dunkeln Fläche ausgespannt wird, und längs dessen man mit dem an einem Ende des Fadens befindlichen Auge hinsieht. Ein gänzlich genaues und einfaches Verfahren ist das von Holke beschriebene. Nach ihm spannt man den Faden von dem untern Augenliede an aus; an der Stelle, wo der Faden am deutlichsten dem Auge erscheint, ist er am dünnsten und zusammengezogensten, je mehr aber seine Punkte von der deutlichsten Stelle entweder nach dem Auge zu oder von dem Auge abliegen, um so breiter wird er, so daß er also die Gestalt zweier sich entgegen gekehrter Pyramiden ab und cb (Fig. 131.) darbietet, die in b zusammenfließen, wo das deutlichste Sehen statt findet. Dieser Punkt b rückt mehr dem Auge zu oder mehr vom Auge ab, je nachdem man sich anstrengt, nähere oder entferntere Punkte des Fadens deutlich zu sehen, und die

Digitized by Google

nächste Grenze, bis zu welcher man so die gemeinschaftliche Spitze b der Pyramiden zu bringen vermag, wird die erste Grenze der deutlichen Sehweite, die entfernteste Grenze dagegen die zweite Grenze der deutlichen Sehweite, der Zwischenraum zwischen beiden Sehweiten der Spielraum der deutlichsten Sehweite sein. Holke erinnert, daß Bestimmungen mit Apparaten dieser Art bei Kurzsichtigen in der Regel leicht zu erhalten sind, am meisten Schwierigkeit aber bei denen haben, die ein gesundes Auge besitzen, wegen der Größe des Spielraums des deutlichen Sehens*).

Um nun für ein weitsichtiges Auge die gehörige Linse zu finden, so multiplicire man die Entfernung, in der der Weitsichtige deutlich sieht, mit der Entfernung, in welcher er durch die Brille sehen soll, und dividire das Product durch den Unterschied jener beiden Entfernungen, so gibt der Quotient die gesuchte Brennweite des Glases. Wollte also jemand, der auf 30 Zoll weit deutlich sieht, etwas in der Entfernung von 6 Zoll deutlich sehen, so wird das dazu nöthige Brillenglas $\frac{30 \cdot 6}{30-6} = 7\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite haben müssen. Für Kurzsichtige gilt das Nämliche, nur mit dem Unterschiede, daß die Brennweite des für ihn tauglichen Glases negativ, d. h. daß das Glas concav sein muß.

Zweckmäßig bleibt es immer, solche Brillen auszuwählen, die um ein weniges schärfer sind. Denn dadurch zwingt man das Auge gleichsam, sich an die geringere Weitsichtigkeit oder Kurzsichtigkeit zu gewöhnen, und wird es bemerklich, daß dieses geglückt ist, so kann man es durch eine andere Brille noch weiter führen u. s. w. Besonders ist den Kurzsichtigen zu rathen, mit so flachen Gläsern als möglich zufrieden zu sein, d. h. das am allerwenigsten concave Glas, durch welches sie etwas entfernte Gegenstände, z. B. auf der andern Seite der Straße, noch deutlich und scharf begrenzt sehen können, zu wählen; dagegen die Gläser, welche bei aller Schärfe das Auge blinzeln und bald auch schmerzen machen, schon um eine oder mehrere Nummern zu tief sind. Und in dem Falle, wo die Anwendung einer Brille absolut nothwendig ist, wird der Kranke wohl thun, wenn er nicht fortdauernd, son-

*) Ein sehr einfaches Instrument, welches jeder Brillenhändler führen sollte, ist ein Lineal mit einem verschiebbaren Linsenglase, dessen Brennweite genau bekannt sein muß (wir wollen sie p nennen); außerdem muß sich über das Lineal noch ein kleines Object erheben, welches ebenfalls verschiebbar ist. Schiebt man nun das Object so nahe an die Linse, bis man es durch die Linse deutlich sieht, und mißt dann die Entfernung der Linse vom Objecte (die a heißen soll), so läßt sich die deutliche Sehweite $= \frac{a+p}{ap}$ berechnen. Der Werth dieses Ausdruckes kann unmittelbar auf das Lineal verzeichnet, und dann die Gesichtsweite sogleich von demselben abgelesen werden.

Digitized by Google

dern nur in jenen Momenten, wo das deutliche Sehen durchaus nothwendig ist, die Brille anwendet. Muncke behauptet zwar gegen Büsch das Gegentheil, und meint es sei zweckmäßig, bei einem solchen Zustande der Augen die Brille stets zu tragen, wenn einmal die Abnormität durch das Brillenglas compensirt werden soll, allein dieser Ausspruch hat nur dann seine Gültigkeit, wenn ein Kranker an einem so hohen Grade der Kurzsichtigkeit leidet, daß er in einer Entfernung von 3 bis 4 Zoll kleinere Gegenstände nicht mehr zu unterscheiden vermag. Ist die Kurzsichtigkeit hingegen gering, so trägt die äußere Form der Gläser nicht nur zur Kurzsichtigkeit, sondern auch zur Störung der Sehkraft im Allgemeinen bei.

Recht hat er dagegen, wenn er sagt, daß es von großer Wichtigkeit sei, vorzüglich für Kurzsichtige, welche ohnehin durch anhaltendes Zusammenbiegen der Augenaxen leicht doppelsichtig und schielend werden, beide Linsen, namentlich bei den Hand-Lorgnetten in gehöriger Entfernung von einander zu halten, damit das gewohnte Zusammenbiegen der Augenaxen nicht befördert und das Doppeltsehen nicht noch mehr veranlaßt werde.

Brom (v. d. griech. βρῶμος, Gestank) ist ein chemisch einfacher, in seinen Eigenschaften dem Chlor sehr ähnlicher, Stoff, ein Metalloid, welches 1826 von Balard entdeckt worden ist. Seinen Namen hat es von dem ihm eigenthümlichen, starken, unangenehmen Geruche. Das Brom findet sich neben dem Jod im Meerwasser, in vielen im Meere vorkommenden niedrigen Thier- und Pflanzenarten, im todten Meere, in manchen Steinsalzen, in mehreren Soolen und in einigen Zinkerzen. Besonders reichlich findet er sich in der Salzquelle zu Theodorshalle bei Kreuznach. Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Brom flüssig, und hat in Masse eine dunkelrothbraune fast schwarze Farbe, in dünnen Schichten ist es hyacinthroth. An Geruch ähnelt es dem Chlor, und hat einen scharfen zusammenschrumpfenden Geschmack. Bei einer Temperatur von — 16° R. erstarrt es zu einer harten, spröden, leicht pulverisirbaren Masse, von blättrigem Bruche und bleigrauer, metallartig glänzender Farbe. Bei 36° R. kocht es, und verwandelt sich in ein rothes Gas. In diesem Gase verlöscht die Flamme einer Wachskerze, wobei dieselbe grün wird. Die Elektricität leitet es nicht. Das specifische Gewicht des Broms ist 2,966. Im Wasser ist es nur in geringer Menge löslich, mehr in Weingeist und noch mehr in Aether. Es vernichtet, wie das Chlor, alle Pflanzenfarben, greift alle organischen Substanzen an und färbt sie gelb, so auch die Haut, indem es Brennen und Entzündung erregt. Innerlich wirkt es als tödliches Gift.

Mit Sauerstoff verbindet sich Brom zu Bromsäure; mit Wasserstoff zu Bromwasserstoffsäure, ein farbloses Gas von 2,71 specif. Gewicht (atmosph. Luft = 1 angen.). Bekannte Verbindungen des Broms sind noch: mit Schwefel zu einer dunkelbraunen an der Luft rauchenden Flüssigkeit; mit Phosphor in zwei Verbindungen, welche Berzelius Phosphorsuperbromid und Phos-

Digitized by Google

phorsuperbromür nennt. Das erste ist fest, gelb, und zu einer rothen Flüssigkeit schmelzbar, die beim Erstarren in Rhomboëdern krystallisirt; das letzte bildet eine gelbe Flüssigkeit, die selbst bei — 12° R. nicht erstarrt. Das Chlorbrom ist eine röthlich gelbe Flüssigkeit, von starkem, unangenehmem Geruche und Geschmacke.

Mit Wasser verbindet es sich zu einem krystallinischen Körper, nach Löwig bei 0° Temp. Die Krystalle sind reguläre Oktaëder von schöner rother Farbe.

Bis jetzt ist das Brom weder in der Medizin noch in den Künsten angewendet worden. Löwig schlägt vor, es wie Chlor zu Zerstörung von Miasmen anzuwenden.

C.

Cämentation, Cämentiren, eine chemische Operation, wobei ein fester Körper, der mit einem andern festen Körper in Pulverform geglüht wird, durch die Hitze, ohne in flüssigen Zustand überzugehen, chemische Veränderung erleidet. Der in Pulverform angewendete Körper heißt das Cämentirpulver, das Cäment; derselbe umgibt den anderen Körper und wird mit ihm geschichtet. Durch Cämentation wird Eisen, mit Kohlenpulver geglüht, in Stahl; Kupfer, mit einem Gemeng von Zinkoxyd und Kohlenstaub geglüht, in Messing verwandelt. Dabei wird das Eisen und das Kupfer durch und durch vom Kohlenstoff und Zink durchdrungen, ohne die Form zu verändern.

Calcium heißt das Metall des Kalkes, welches zuerst 1808 von Davy dargestellt wurde, auf dieselbe Weise, wie er das Baryum gewann, s. d. Art. Es ist silberweiß und entzündet sich leicht an der Luft, wo es zu Kalk verbrennt. Zwei Oxyde des Calciums sind bekannt. Nämlich:

Die Kalkerde, der Kalk, kommt sehr häufig vor, aber nie rein, sondern stets in Verbindung mit Säuren, z. B. mit Kohlensäure in der Kreide, dem Marmor, Kalkspath, Kalkstein, in den Schneckenschaalen, mit Schwefelsäure im Gyps; mit Phosphorsäure in den thierischen Knochen, und mit Kieselsäure in vielen Mineralien. Man gewinnt indeß alsbald reine Kalkerde, wenn man kohlensauren Kalk in einem Windofen zwischen Kohlen brennt. Der gewöhnliche gebrannte oder ungelöschte Kalk ist unrein, grau oder gelblich gefärbt, und enthält Thonerde, Kieselsäure, Eisenoxyd, zuweilen auch etwas Talkerde und Manganoxyd. Werden unreine Kalkarten bei zu hoher Temperatur gebrannt, so verbindet sich die Kalkerde genauer mit den fremdartigen Beimengungen, verliert an Aetzkraft und an Vermögen in Wasser zu zerfallen, und heißt dann todtgebrannt.

Die reine Kalkerde ist weiß, leicht zerreiblich, unschmelzbar, von scharfem, ätzendem Laugengeschmack, und mit Wasser übergossen von laugenartigem, eigenthümlichem Geruche. Ihr spec. Gewicht ist 2,3. Eine sehr starke Verwandtschaft hat sie zum Wasser; wenn man

gebrannten Kalk damit übergießt, so ziscbt er und zerfällt zu einem weißen Pulver, dem Hydrat der Kalkerde, welches Kalk genannt wird. Uebergießt man die Kalkerde mit mehr Wasser, als zu ihrem Löschen erfordert wird, so erhärtet sie beim Austrocknen zu einer festen zusammenhängenden Masse. — In der Luft zerfällt der gebrannte Kalk allmählig, indem er Feuchtigkeit und Kohlensäure an sich zieht, und so zu einem Gemenge von Kalkerdehydrat und kohlensaurer Kalkerde wird, welches zerfallener Kalk heißt.

Das Kalkerdehydrat löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in 600 bis 700 Theilen Wasser. Eine Auflösung von Kalkerdehydrat in Wasser ist das Kalkwasser. Dasselbe wird bereitet, indem gelöschter Kalk mit ungefähr 50 Theilen Wasser angerührt und die milchige Flüssigkeit (Kalkmilch) öfter geschüttelt wird. Den Ueberschuß an Kalk läßt man in verschlossenen Gefäßen absetzen, und gießt die wasserhelle Flüssigkeit ab, die in gut vor dem Zutritt der Luft verwahrten Gefäßen aufgehoben wird.

Die Kalkerde wird vielfach benutzt, am häufigsten zu Mörtel und zum Düngen der Aecker. Mit Säuren bildet sie Kalksalze, die im Wasser zum Theil löslich, zum Theil unlöslich sind. Die letzteren sind in Salpetersäure löslich.

Das Hyperoxyd des Calcium's hat man noch nicht auf trockenem Wege hergestellt. Man erhält es als Hydrat in weißen, glänzenden, zarten Schuppen, wenn Wasserstoffhyperoxyd mit Kalkwasser zusammen kommt. Im Wasser ist es unlöslich und enthält nach Thénard doppelt so viel Sauerstoff als die Kalkerde.

Der salpetersaure Kalk, (Calcium und Stickstoff) kommt, besonders in heißen Gegenden in Höhlungen, auf Mauern als Ausblühung auf der Oberfläche der Erde vor, und heißt daher Mauersalpeter, Kehrsalpeter; auch in einigen Quellwassern findet er sich. Er dient vorzugsweise zur Bereitung des Salpeters im Großen.

Das Chlorcalcium, (auch geglühter salzsaurer Kalk, fixer Salmiak), und krystallisirter salzsaurer Kalk, (hydrochlorinsaurer Kalk, wäßriges Chlorcalcium) sind Verbindungen des Calciums mit Chlor. Das erstere ist eine weiße, durchscheinende, feste Masse von krystallinischem Gefüge, die leicht in der Rothglühhitze schmilzt, feuerbeständig ist, und erwärmend, herb, bitter und scharfsalzig schmeckt. An der Luft zerfließt das Chlorcalcium, erhitzt sich stark mit Wasser und verwandelt sich dabei in salzsauren Kalk. Dieser krystallisirt in durchsichtigen, farblosen, regelmäßig sechsseitigen, zum Theil gestreiften Säulen, mit 4 bis 6 Flächen zugeschärft, häufig in undeutlichen langen spießigen Krystallen, von 1,76 spec. Gewichte. Er schmeckt wie das Chlorcalcium, nur etwas kühlend. Er zerfließt leicht an der Luft, und löst sich in $\frac{1}{2}$ Theil Wasser von 0° R. und $\frac{1}{4}$ von 13° R. Mit Eis und Schnee gemengt, bringt er einen sehr hohen Kältegrad hervor. Das Chlorcalcium mit überschüssigem Kalk, Hombergs Phosphor genannt, hat die Eigenschaft, daß er, wenn er geglüht und dann dem Sonnenlichte ausgesetzt wird, im Dunkeln leuchtet. — Der chlorichtsaure Kalk, auch Chlorkalk,

Digitized by Google

oxydirt salzsaurer Kalk, englisches Bleichpulver ist ein weißes Pulver, welches schwach nach Chlor riecht, bitter schmeckt, an der Luft feucht wird und Chlor entwickelt, leicht löslich in Wasser ist, und Miasmen, so wie alle üblen Gerüche zerstört. Er wird vielfach gebraucht, in der Medicin und um üble Gerüche und Miasmen zu zerstören. Die Chlorkalkflüssigkeit braucht man zum Bleichen der Leinwand und des Papieres. Man benutzt ihn auch zum Entfuseln des Brandtweins, um faules Wasser trinkbar zu machen, Flöhe und Wanzen zu vertreiben, Seidenraupen vor dem Verderben zu beschützen, das Keimen zu befördern u. s. w. Minder wichtig sind folgende Verbindungen des Calciums: der chlorsaure Kalk, das Bromcalcium, das Jodcalcium, der iodichtsaure Kalk, der iodsaure Kalk, das Fluorcalcium (Flußspath), der boraxsaure Kalk, der kieselsaure Kalk, das Phosphorcalcium, Arsenikcalcium, arsenichtsaurer und arsenikſaurer Kalk.

Das Schwefelcalcium, Schwefelkalk, kalkerdige Schwefelleber ist ein weißes (wenn es nicht ganz rein, etwas gefärbtes) Pulver, welches geruchlos und von kaustischem Geschmacke, in verschlossenen Gefäßen feuerbeständig ist, und wenn man es der Sonne ausgesetzt hat, im Dunklen leuchtet.

Der schwefelsaure Kalk, Gips, Selenit kommt als Gips, Marienglas, Alabaster häufig vor, auch in Quell- und Mineral-Wasser gelöst, im wasserleeren Zustande als Anhydrit. Der letztere krystallisirt in meistens farblos durchsichtigen geraden rectangulären Säulen, von 2,8 spec. Gewicht; der wasserhaltende (Gips u. s. w.) bildet farblos durchsichtige Krystalle, deren Kernform die rectanguläre Säule ist. Als Marienglas, Frauneis kommt er in geschobenen vierseitigen Tafeln vor. Der künstliche ist ein weißes Pulver, oder in feinen Nadeln krystallisirt. Das spec. Gew. ist 2,2 bis 2,4. Noch vor dem Glühen läßt der Gips sein Krystallwasser fahren, zerfällt in Pulver, und heißt dann gebrannter Gips. Wenn man den nicht zu stark geglühten Gips mit Wasser zu Brei anreibt, so erhärtet er in kurzer Zeit ohne bedeutende Wärmeentwicklung, zu einer festen zusammenhängenden Masse. In dieser Art bedient man sich desselben zu Gipsfiguren und ähnlichem. Er ist in etwa 460 Th. Wasser löslich. Der feine künstlich bereitete Gips ist das Wienerweiß.

Der phosphorsaure Kalk macht den Hauptbestandtheil der thierischen Knochen aus, und kommt im Mineralreich als Apatit vor. Von mehreren Verbindungsstufen des Kalks mit der Phosphorsäure ist zu erwähnen die Knochenerde, Knochenasche, weißgebranntes Hirschhorn, eine weiße, klingende, leicht zu pulverisirende Masse, die feuerbeständig und geschmacklos ist, und zu Zahnpulver gebraucht wird.

Der kohlensaure Kalk kommt vor als gemeiner Kalkstein, Kalkspath, Marmor, Kreide, Tropfstein u. s. w., macht die Hauptmasse der Schalthiergehäuse aus, der Krebssteine, Eierschalen. Ueber den Kalkspath s. d. Art. Brechung, doppelte S. 352.

Digitized by Google

Caliber heißt eigentlich der Durchmesser der Mündung eines Feldstückes, oder, was dasselbe, der Durchmesser des größten Kreises einer Kugel, welche in ein bestimmtes Feldstück paßt. Dann auch nennt man den Durchmesser der Oeffnung jeder cylindrischen Röhre das Caliber derselben.

Eine Röhre kann entweder durchgängig dasselbe Caliber haben, d. h. überall von derselben Weite, vollkommen cylindrisch sein, oder sie kann in verschiedenen Theilen verschiedene Caliber haben, d. h. in verschiedenen Theilen andere und andere Weite haben. Bei einer cylindrischen Röhre kann nun entweder unter der Annahme, daß sie durchgängig von gleicher Weite sei, die Weite ihrer Oeffnung, die Größe ihres Calibers gesucht werden; oder es kann untersucht werden, ob die Röhre durchgängig gleiche Weite, also durchgängig dasselbe Caliber habe. Beide Untersuchungen sind in vielen Fällen unumgänglich, überall namentlich, wo es auf Messungen ankommt. Die vorzunehmenden Operationen selbst werden das Calibriren der Röhre genannt.

Um den Durchmesser der Oeffnung einer Röhre zu finden, bedient man sich bei weiteren Röhren des Zirkels, die größte Weite der Mündung gibt das Caliber der Röhre an. Bei etwas engern Röhren kann man in die Oeffnung einen Holz- oder Papierstöpsel genau einpassen, und an diesem dann die Weite der Röhre ermessen. Doch ist diese Art der Untersuchung immer sehr ungenau, schon darum, weil doch immer alles Holz oder Papier elastisch ist. Bei Haarröhrchen läßt sich keine der angeführten Beobachtungsarten anstellen, weil die Oeffnung zu klein ist. Man bedient sich daher, um genau das Caliber eines Haarröhrchens kennen zu lernen, nach Dutour und Gay-Lussac folgender Methode.

Zuerst wiege man das leere Röhrchen, sodann fülle man in dasselbe ein wenig Queckſilber, so daß sich im Röhrchen ein Queckſilbercylinder darstellt, und wiege das Röhrchen abermals. Der Unterschied des letzten und des vorhergehenden Gewichts des Röhrchens gibt das Gewicht des Queckſilbercylinders. Da das specifische Gewicht des Queckſilbers bekannt ist, so kann ich aus dieser Angabe des Gewichtes des Queckſilbercylinders, welches wir G nennen wollen, den Kubikinhalt desſelben finden. Wenn nämlich das Gewicht eines bestimmten Maaßes, z. B. eines Kubikzolles Queckſilber m ist, so ist $\frac{G}{m}$ der Kubikinhalt des Cylinders nach dem angenommenen Maße (in diesem Falle also nach K. Z.) Der Kubikinhalt jedes Cylinders ist aber bekanntlich $= \pi r^2 h$, wo π die gewöhnliche Bedeutung (3,1415) hat, r der Halbmesser des Kreises, welcher die Grundfläche des Cylinders darstellt, ist, und h die Höhe des Cylinders bedeutet. Da ich h finden kann durch Messung der Länge des Queckſilbercylinders mittelst des Zirkels, so ist also in dem Ausdrucke

$$\frac{G}{m} = \pi r^2 h$$

G, m, π, h bekannt und ich kann r finden, es ist nämlich:

Digitized by Google

$$r = \sqrt{\frac{G}{m\pi h}}$$

Welches aber auch in jedem einzelnen Falle die Weite des Röhrchens und die Länge des Queckſilbercylinders ſein mag, immer bleibt m dieſelbe unveränderte Größe, eben ſo π und ich kann ein für allemal die Ausziehung des Quadratwurzel an dieſen Größen vornehmen. m iſt aber von verſchiedener Größe für die verſchiedenen Maße, die ich zu Beſtimmung des Gewichtes und des Cubikmaßes annehme. Für h in rheinl. Zoll und G in Granen Med. Gew. iſt

$$r = 0{,}0090162 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

Für par. Zoll und Grane Med. Gew. iſt

$$r = 0{,}008563 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

Für engl. Zoll und Grains Troy-Gewicht iſt

$$r = 0{,}009615 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

Für neufranz. Maß G in Grammen und h in Decimetern iſt

$$r = 0{,}1331 \sqrt{\frac{G}{h}}$$

gleichfalls in Decimetern. So iſt r, der Halbmeſſer des Kreiſes, welcher die Grundfläche des Queckſilbercylinders macht, gefunden und ſomit das Caliber des Röhrchens, da der Durchmeſſer als das Doppelte des Halbmeſſers bekannt iſt. Genau genommen iſt zwar die Queckſilberſäule im Röhrchen kein wahrer Cylinder, indem die Grundfläche deſſelben keine wirklichen Ebenen, ſondern Kugelflächen ſind, wenn man aber die Queckſilberſäule nicht zu kurz nimmt, ſo kann man dieſen Umſtand vernachläſſigen, oder bei der Meſſung der Länge nach dem Augenmaß corrigiren, ohne daß man einen merklichen Fehler begehen wird.

Wie man, namentlich bei Glasröhren, unterſucht, ob ſie durchgängig von gleichem Caliber ſind, welches ebenfalls calibriren genannt wird, iſt unter den Art. Barometer S. 147 angegeben worden. Ueber das Calibriren von ſehr engen Röhren, namentlich zu Thermometern, ſ. d. Art. Thermometer.

Centralbewegung (v. d. lat. centrum Mittelpunkt) heiß eine Bewegung, welche hervorgebracht wird durch eine einen Körper ununterbrochen nach demſelben Punkte (Mittelpunkte) hinziehende Kraft, während der Körper durch eine momentan wirkende Kraft eine ſeitwärts gehende Bewegung erhalten hat. Dieſe Bewegung iſt allemal eine krummlinige. Beide ſo auf den Körper wirkende Kräfte heißen Centralkräfte, und zwar heißt die den Körper nach dem Mittelpunkte zuziehende: Centripetalkraft (v. d. lat. centrum Mittelpunkt

Digitized by Google

und petere erſtreben); die andere Kraft, weil ſie den Körper in einer geraden Linie fortzuſtoßen ſucht, welche eine Tangente an die krumme Linie iſt, in der er ſich wirklich bewegt: Tangentialkraft.

Daß aber durch das Zuſammenwirken zweier Kräfte in angegebener Art eine krummlinige Bewegung entſteht, läßt ſich zeigen. Geſetzt, auf den Körper in A (F. 132.) wirke eine Kraft in der Richtung Ab, die ihn in einer Secunde bis B fortbewegen würde, und zugleich ziehe den Körper eine Kraft nach C, die ihn in einer Secunde bis D fortſtoßen würde, ſo bewegt ſich (nach dem Satze vom Parallelogramme der Kräfte, ſ. d. Art. Bewegung, S. 290. der Körper in der Diagonale AF des Parallelogrammes DB bis F. Bewegte ſich nun der vorher in A, jetzt in F befindliche Körper von F an mit der ihm in dem Augenblicke, wo er in F ankommt, eigenthümlichen Geſchwindigkeit und Richtung fort, alſo in der Richtung Ag, ſo legte er in der zweiten Secunde einen Weg FG=AF zurück. Wirkt dagegen auf den Körper, in dem Augenblicke, wo er ſich in F befindet, noch eine Kraft auf ihn, die ihn, allein wirkend in der Richtung FC bis L fortſtoßen würde, ſo bewegt ſich in der zweiten Secunde der Körper von F nicht in der Richtung Fg, auch nicht in der Richtung FL, ſondern in der Diagonale FH des Parallelogrammes LG bis H. So finden wir den Weg des bewegten Körpers unter den gemachten Bedingungen als die gebrochene Linie AFH. Die gemachten Bedingungen aber waren, daß 1) eine Kraft den Körper von A aus in der Richtung AB fortſtieß; 2) daß alle Secunden eine Kraft den Körper in der Richtung nach C hin zöge. So fanden wir als Weg eine gebrochene Linie. Wirkt nun die zweite Kraft nicht bloß alle Secunden aufs neue auf den Körper, ſondern, wie bei der Centralbewegung der Fall iſt, ununterbrochen, ſo iſt leicht zu begreifen, daß die einzelnen geradlinigen Stücke der gebrochenen Linie, welche den Weg des Körpers bezeichnet, in dieſem Falle unendlich klein werden müſſen, d. h. daß den Weg des Körpers eine krumme Linie darſtellt*). Die Centralbewegung iſt folglich immer krummlinig.

Gehen wir zur Betrachtung der Fig. 132. zurück, bei der vorausgeſetzt wurde, daß nicht fortwährend, ſondern nur von Secunde zu Secunde eine Kraft nach C wirke; ſo läßt ſich leicht ſehen, daß die Sectoren (Ausſchnitte) ACF und CFH, welche von einer Secunde zur andern, alſo in gleichen Zeiten, durch den bewegten Körper beſchrieben werden, gleich ſind. Dieß zu beweiſen, ziehen wir die Hilfslinie CG; ſo iſt Dr. CFH=Dr. CGF (weil ſie gemeinſchaftliche Grundlinie CF und gleiche Höhe haben, als gelegen zwiſchen denſelben Parallellinien CF und HG); es iſt aber Dr. CGF=Dr. ACF (weil ſie gleiche Grundlinien, GF=AF, und gleiche Höhe haben wegen der gemeinſamen Spitze in C); folglich iſt Dr. ACF=Dr. CFH, welches bewieſen werden ſollte. Wie klein aber auch die geraden Linien

*) Jede krumme Linie kann vorgeſtellt werden als eine gebrochene Linie, deren geradlinige Stücke unendlich klein ſind.

Digitized by Google

AF und FH werden mögen, die Sectoren, welche in gleichen Zeiten beschrieben werden, müssen immer gleich sein, also auch in dem Falle, wenn diese Linien unendlich klein werden, d. h. wenn die Bewegung eine Centralbewegung wird. So haben wir das wichtige Gesetz: daß bei der Centralbewegung in gleichen Zeiten gleiche Sectoren beschrieben werden. Bei ungleichen Zeiten verhalten sich die Zeiten wie die Sectoren.

Dieses ist das eine der von ihrem Erfinder benannten Keplerschen Gesetze. Kepler kam auf seine Gesetze durch die Beobachtung der Bewegung der Himmelskörper, er fand, daß die Bewegung jedes Planeten eine Centralbewegung ist. Er entdeckte außerdem noch das gleich wichtige Gesetz, daß, wenn die Centripetalkräfte sich umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Entfernungen der bewegten Körper vom Mittelpunkte, dann die Quadrate der Umlaufszeiten sich verhalten wie die Würfel der Entfernungen. S. d. Art. Planeten.

Aus dem Satze, daß bei der Centralbewegung die Sectoren sich immer verhalten, wie die Zeiten, in denen sie von dem bewegten Körper beschrieben werden, läßt sich die Art der Bewegung, ob sie nämlich fortwährend von derselben Geschwindigkeit, oder bald beschleunigt, bald verzögert sei, für die verschiedenartigen krummen Linien, in denen ein Körper sich bewegen kann, bestimmen. Bewegt sich ein Körper in einem Kreise, auf dessen Mittelpunkt zu die Centripetalkraft wirkt, so wird die Bewegung des Körpers eine durchaus gleichmäßige sein. Denn da zu gleichen Sectoren immer gleiche Bogen gehören, in gleichen Zeiten aber gleiche Sectoren zurückgelegt werden, so müssen in gleichen Zeiten auch immer gleiche Bogen der Bahn von dem bewegten Körper beschrieben werden. Anders ist es, wenn der Körper sich in einer Ellipse bewegt, nach deren Brennpunkt zu die Centripetalkraft wirkt. Fig. 133. stellt eine Ellipse ADBE dar, S ist der Brennpunkt und der Punkt, nach welchem hin die Centripetalkraft wirkt. Der Körper bewege sich in P mit einer Geschwindigkeit, daß er in einer bestimmten Zeit z. B. in einer Secunde den Bogen PO zurücklegt, ist er später in M angelangt, so muß er sich dort mit einer Geschwindigkeit bewegen, daß er in der nämlichen Zeit, also nach der Annahme in einer Secunde, einen Sector MSN beschreibt, welcher gleich OSP ist. Wenn aber MSN = OSP sein soll, so muß der Bogen MN, welchen von M aus der bewegte Körper in der angenommenen Zeit zurücklegt, viel kleiner als OP sein, weil auf der Seite von A in der Ellipse die Sectoren viel länger werden, als auf der Seite von B; d. h. der Körper wird sich auf der Seite von A viel langsamer bewegen als auf der Seite von B. Die Betrachtung der Figur lehrt, daß die Geschwindigkeit des Körpers in B am größten sein wird, von da abnehmen wird, bis sie bei A am langsamsten geworden, nun aber wieder immer mehr zunimmt, bis sie bei B wieder am größten geworden ist. Je mehr sich also ein Körper in der Centralbewegung dem Centrum (Mittelpunkte, Punkt, nach dem hin die Centripetalkraft wirkt)

Digitized by Google

nähert, desto schneller bewegt er sich; je mehr er sich von demselben entfernt, desto langsamer.

Ceres, ein Planet, der seinen Namen von der römischen Göttin Ceres hat, und im J. 1801 den 1. Januar von Piazzi entdeckt worden ist, und dessen astronomisches Zeichen ⚳ ist. Dieses bedeutet eine Sichel, indem die Ceres bei den Alten als Göttin des Getreidebaues verehrt wurde. Den Namen Ceres aber ertheilte Piazzi, Professor zu Palermo auf Sicilien, dem von ihm entdeckten Planeten, weil Sicilien von jeher die Kornkammer von Italien gewesen war. Er gab ihr noch den Beinamen Ferdinandea zu Ehren Ferdinand IV., Königs von Sicilien und Neapel, des Stifters der Sternwarte zu Palermo.

Schon Kepler hatte vermuthet, daß es zwischen Mars und Jupiter noch einen Planeten geben müsse, von einer ähnlichen, wie die folgende Betrachtung geleitet. Wenn man die Abstände der Planeten von der Sonne auf die kleinsten Zahlen bringt, so daß man als Maß der Entfernungen den zehnten Theil des Abstandes der Erde von der Sonne annimmt, so findet man, daß der Merkur um 4, die Venus um 7, die Erde um 10, der Mars um 15, der Jupiter um 52, der Saturn um 95, der Uranus um 192 solcher Maße von der Sonne entfernt sei. Betrachten wir diese Zahlen genauer, so kann man die Entfernungen in folgender Art ausdrücken:

Merkur	4			
Venus	4	+	1.	3
Erde	4	+	2.	3
Mars	4	+	4.	3*
Jupiter	4	+	16.	3
Saturn	4	+	32.	3 *
Uranus	4	+	64.	3 *

Die Zahlen, welche sich in dieser Aufeinanderfolge ändern, sind: 1, 2, 4, , 16, 32, 64, diese aber bilden eine geometrische Reihe, in der jedes Glied das doppelte des vorhergehenden ist, und es fehlt nur an der leer gelassenen Stelle, die Zahl 8, dadurch wird wahrscheinlich, daß es in der Entfernung 4 + 8. 3 von der Sonne einen Planeten geben möge. Man hatte seit Kepler vergebens nach einem solchen Planeten gesucht. Durch Zach angeregt hatte sich sogar eine eigene Gesellschaft deutscher Astronomen, deren Director Schröter war, gebildet, um durch gemeinschaftliche Beobachtung verschiedener Theile des Thierkreises den unbekannten Planeten aufzufinden. Piazzi wußte von dieser Gesellschaft nichts, und seine Entdeckung machte er durch einen Zufall, als er, um ein genaues Sternverzeichniß anzulegen, die Sterne des Stieres aufzeichnete. Er bemerkte einen Stern, der auf

*) Wenigstens näherungsweise.

Digitized by Google

keiner Sternwarte und in keinem Sternverzeichnisse zu finden war, und bei fortgesetzter Beobachtung desselben fand er, daß derselbe seine Stellung gegen die übrigen Sterne im Stiere verändere, also kein Fixstern sei. Aber nicht sogleich erkannte man allgemein die Ceres als einen Planeten an, sondern viele glaubten anfangs, daß sie ein Komet sei. Piazzi beobachtete den von ihm entdeckten Stern vom 1. Januar bis zum 11. Februar 1801, dann aber wurde er durch Krankheit von weiteren Beobachtungen abgehalten. Nach Piazzi's Beobachtungen bestimmte Gauß die elliptische Bahn des neuen Planeten, und gab den Ort an, wo der Stern stehen müsse. Zach und Olbers fanden ihn nach diesen Bestimmungen fast gleichzeitig um den Anfang des J. 1802 wieder, und seitdem wird er auf jeder Sternwarte beobachtet. Mit bloßen Augen ist die Ceres nicht zu sehen, weil sie sehr klein ist. Ihr Durchmesser beträgt nach Schröter nur 352 geogr. M., ihr Kubikinhalt also etwa den 116. Theil von dem der Erde. Nach Herschel soll ihr Durchmesser gar nur 35 geogr. M. betragen. Die Ceres ist von sehr veränderlichem Lichtglanze, bald erscheint sie von heller röthlicher, bald von blasser weißlicher Farbe. Zuweilen erscheint sie mit scharf begrenztem Rande, zuweilen auch in Nebel eingehüllt. Deßwegen glaubt man, daß sie eine sehr hohe (etwa 141 M.) Atmosphäre habe, durch deren abwechselnde Verdichtung und Verdünnung die genannten Erscheinungen hervorgebracht würden. Die Bahn der Ceres ist, wie die der anderen Planeten, eine Ellipse, deren große Axe zur kleinen sich verhält wie 7 : 6, und welche unter einem Winkel von 10° 37′ 31″ gegen die Ekliptik geneigt ist, so daß dieser Planet bei seiner größten Abweichung noch über den Thierkreis hinaussteht.

Die größte Entfernung der Ceres von der Sonne beträgt 62318002, die kleinste 53235198, die mittlere 57776600 deutsche Meilen; ihre Umlaufszeit beträgt 1681,4 Tage (ungefähr 4 Jahre 220 Tage); ihre Geschwindigkeit in einer Secunde 2,52 Meilen; die Länge des aufsteigenden Knotens 80° 56′ 55″.

Cerium, ein unedles, zuerst von Vauquelin 1825 dargestelltes Metall, der es in zusammengeschmolzenen Kugeln von weißer Farbe und Metallglanz erhielt. Es war sehr hart und spröde und verflüchtigte sich bei starker Weißglühhitze. Es findet sich in einigen seltenen, besonders in Schweden vorkommenden Fossilien, z. B. im Cerit, Allanit, Ytterocerit u. a. Man kennt drei Oxydationsstufen dieses Metalles: das Ceriumoxydul, das Ceriumoxydul-oxyd und das Ceriumoxyd.

Chemie, minder richtig Chymie, (ein Wort zweifelhaften Ursprunges, wahrscheinlich aus dem Arabischen stammend) Scheidekunst, Mischkunde, heißt die Wissenschaft von den materiellen Stoffen, insofern dieselben sich so untereinander verbinden können, daß eine so innige Vereinigung unter ihnen stattfindet, daß ein ganz neuer Körper hervorgeht, an dem man mit den Sinnen keinen der Körper wahrnehmen kann, aus deren Vermischung er entstanden ist. So sind z. B.

Digitized by Google

Queckſilber und Schwefel Gegenſtände der Chemie, inſofern als ſie durch ihre Vereinigung einen von beiden durchaus verſchiedenen Körper bilden: Zinnober, an dem man mit den Sinnen weder Queckſilber noch Schwefel unterſcheiden kann. Ehedem hieß dieſe Wiſſenſchaft Alchemie, welches Wort nur durch Vorſetzung des arabiſchen Artikels Al vor Chemie, entſtanden iſt; jetzt aber verſteht man unter Alchemie die Kunſt Gold zu machen, welche Kunſt aber nur vorgeblich, in Wahrheit aber nicht entdeckt iſt.

Das Geſchäft des Chemikers ergibt ſich ſogleich als ein zweifaches. Nämlich erſtlich, als die Kunſt die zuſammengeſetzten Stoffe ſo zu zerlegen, daß aus denſelben diejenigen Stoffe hergeſtellt werden, durch deren Vermiſchung jene entſtanden ſind. In dieſer Hinſicht ſpricht man von analytiſcher Chemie (v. d. griech. W. ἀναλύω auflöſen) (Scheidekunſt). Bei dem analytiſchen Verfahren kommt man zuletzt immer auf Stoffe, die man nicht weiter zu zerlegen im Stande iſt, und die man deswegen einfache Stoffe, Elemente, nennt. Zweitens aber kann auch der Chemiker nach den über die Zerlegbarkeit der Stoffe erlangten Kenntniſſen, dieſelben zuſammenbringen und ſolche Operationen mit ihnen vornehmen, daß ſie ſich zu einem neuen Stoffe unter einander verbinden. Dieſes heißt das ſynthetiſche Verfahren (v. d. griech. σύνθεσις Zuſammenſetzung), und man ſpricht von ſynthetiſcher Chemie (Miſchkunde). Da das Gold nach allen unſern Erfahrungen ein einfacher Stoff iſt, ſo geht daraus das Vergebliche des Beſtrebens, daſſelbe irgend aus andern Körpern zu miſchen, und das Betrügeriſche der Alchemie hervor.

In ältern Zeiten wurden die chemiſchen Kenntniſſe geheim gehalten und vorzugsweiſe benutzt, um wo möglich Gold herzuſtellen, ſo wie einen Stoff zu finden, durch deſſen Kräfte der Menſch ſein Leben beliebig verlängern könne. Seit Baco von Verulam (1561—1626) und Newton (1642—1727) hat ſich die Chemie erſt zu einer wahren Wiſſenſchaft geſtaltet, man hat jene thörichten Abſichten aufgegeben und ſich bemüht die Zuſammenſetzungen der Körper kennen zu lernen, um dieſe ſelbſt zuſammenſetzen zu können, wie es die Bedürfniſſe des Menſchen erfordern. Beſonders wichtig iſt die Chemie darum, weil auf ihr die ganze Apothekerkunſt beruht, die Kunſt die Stoffe zuſammenzuſetzen, deren heilende Kräfte dem kranken Menſchen nützlich werden. Außerdem beruht auf ihr eine große Anzahl von Gewerben, z. B. der Färberei, das Hüttenweſen u. a.

Man unterſcheidet ferner anorganiſche Chemie und organiſche Chemie, die erſte hat es mit Unterſuchung derjenigen Stoffe zu thun, welche in der anorganiſchen Natur (dem Mineralreiche) vorkommen) die letztere mit denen, welche in der organiſchen Natur (Thier- und Pflanzenreiche) ſich finden. Die erſtere ſteht auf einer bei weiten höhern Stufe der Ausbildung als die letztere, weil das Leben, welches die org. Stoffe erſt zu dem macht, was ſie ſind, bis jetzt aller chemiſchen Unterſuchung, welche nur des Materiellen mächtig iſt, entflieht.

Da die Phyſik ſehr häufig auf chemiſche Verhältniſſe Rückſicht nehmen muß, und die Kenntniß der chemiſchen Eigenſchaften der Stoffe

Digitized by Google

voraussetzen muß; so erscheint es der Vollständigkeit wegen nöthig, daß in ein physikalisches Wörterbuch, damit dieses aus sich selbst durchaus verständlich sei, die Kunstworte der Chemie, so wie die hauptsächlichsten Verbindungen der einfachen Körper zu zusammengesetzten aufgeführt werden. Dieß geschieht denn auch in vorliegendem Werke, aber so, daß das Nöthige nur in referirender Weise gegeben wird, damit man eine historische, nicht aber eine wissenschaftliche Erkenntniß daraus schöpfen könne.

Die ausgezeichnetsten Werke über Chemie sind von Berzelius (aus dem Schwedischen übersetzt von Wöhler, wovon so eben die dritte Auflage ausgegeben wird), von Geiger (Handbuch der Pharmacie, 1. Theil, wovon in diesem Jahre die vierte Auflage erschienen), von Gmelin, Mitscherlich, Thenard (aus dem Franz. übers. v. Fechner) und die Wörterbücher der Chemie von Klaproth und Wolf, John, Ure, Trommsdorf.

Chlor, Chlorine, oxydirte Salzsäure, oxygenirte Salzsäure, dephlogistisirte Salzsäure, Bleichsäure, vollkommene Salzsäure ist ein (wie Davy u. a. dargethan) chemisch einfacher, nicht metallischer Stoff, den Scheele 1774 entdeckte, aber nicht als solchen erkannte, sondern für dephlogistisirte, d. h. ihres Brennstoffes beraubte, Salzsäure hielt. Von den verschiedenen Ansichten über das Wesen dieses Stoffes hat derselbe seine verschiedenen Namen erhalten; den jetzt gewöhnlichen und richtigsten Namen Chlor hat ihm Davy 1810 gegeben, wegen seiner grünlichgelben Farbe (griech. χλωρός). Das Chlor kommt häufig vor, als Salzsäure an Basen gebunden, in Verbindung mit Metallen, Natrium (im Kochsalze), Blei, Silber, Queckſilber, als Chlormetall. Das Chlor wird gewonnen, wenn man 3 Theile Kochsalz mit 2 Theilen Braunstein genau mengt, und das Gemenge in einer Retorte mit $2\frac{1}{2}$ Theilen Schwefelsäure übergießt, welche zuvor mit 4 Theilen Wasser verdünnt worden ist. Der Hals der Retorte a (Fig. 134.) geht luftdicht in eine kleine Vorlage c, die mit einer Gasleitungsröhre d versehen ist. Durch den Trichter b wird die Säure nachgegossen. Die Retorte wird auf einer Sandcapelle k erst schwach, dann stärker erwärmt und das sich bildende Gas, welches bei o heraussteigt, aufgefangen. Dieß geschieht, indem die Röhre d mit ihrem Ende e unter warmes Wasser, oder noch besser unter gesättigte Kochsalzlösung gebracht wird, und eine mit der Kochsalzlösung gefüllte Flasche f darüber gestürzt wird, welches dann durch das aufsteigende Chlor verdrängt wird. Sobald eine Flasche mit Chlor gefüllt ist, muß sie unter dem Wasser wohl verstopft werden, und dann an einem dunklen Orte aufbewahrt werden. — Ein anderes Verfahren wobei man sich derselben Vorrichtung bedient, ist, daß man gepulverten Braunstein mit ungefähr 4 Theilen Salzsäure von 1,16 spec. Gew. übergießt, und gelind erhitzt. Das Chlor wird in der angegebenen Art aufgefangen. Die Retorte, deren man sich bedient, muß wenigstens den 6 bis 8 fachen Inhalt der Mischung fassen können, weil dieselbe bei der Erhitzung leicht steigt.

Das Chlor ist nun ein grünlichgelbes Gas, das nur durch starken Druck und Erkältung in tropfbar flüssigen Zustand gebracht werden kann. Es hat einen eigenthümlichen erstickenden Geruch, welcher ein Gefühl von Trockenheit in der Nase und einen Reiz zum Husten in der Luftröhre, mit Druck auf der Brust, hervorbringt. Hieraus wird leicht Schnupfen mit Kopfweh und gelindem Fieber. Reines Chlorgas ist eingeathmet tödlich, und schon in geringer Menge geathmet kann es Blutspeien und Schwindsucht hervorbringen. Als Gegengifte wirken: Einathmen von hydrothionsaurem Gase mit atmosphärischer Luft, Einathmen des Dunstes von Salmiakgeist oder Weingeist (indem man ein mit Weingeist getränktes Stück Zucker in den Mund nimmt und Luft einathmet), endlich Einathmen von Wasserdampf. Im feuchten Zustande zerstört das Chlor alle organischen Farben. Sein specifisches Gewicht ist 2, 5 (atmosph. Luft = 1 gesetzt), oder es ist 322 mal leichter als Wasser. Das Chlorgas selbst brennt weder, noch unterhält es das Verbrennen der Kohle und kohlenhaltiger Körper. Andere Körper dagegen werden von demselben im Verbrennen erhalten, und die meisten entzünden sich darin bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft. Ein großer Theil der Metalle entzünden sich im Chlorgas, wenn sie in Form von Pulver hineingebracht werden, und glühen fort, indem sie sich mit Chlor verbinden. Diese Verbindungen werden Chlorüre oder Chloride genannt. Wegen seiner Eigenschaft alle Miasmen zu zerstören, wird das Chlor am häufigsten angewandt. Man vertreibt damit den üblen Geruch in Hospitälern, bei Leichen, auf Abtritten u. s. w. Wegen seiner giftigen Eigenschaften muß man hierbei aber sehr vorsichtig verfahren, und namentlich nur in geringen Mengen es entwickeln. Man rührt gleiche Theile Chlorkalk und doppelt schwefelsaures Kali mit etwas Wasser an, dann entwickelt es sich nur langsam. Ein bis zwei Kaffeelöffel von jedem, in einer Schale mit etwas Wasser angerührt, reicht für ein Zimmer aus. Man braucht auch nur Chlorkalk mit Wasser vermengt in offenen Schalen in die zu reinigenden Zimmer zu setzen. Wenn sich das Chlorgas so in geringen Mengen entwickelt und dabei mit viel atmosphärischer Luft vermengt, ist es einer krankhaften Lunge eher zuträglich als schädlich.

Kaltes Wasser absorbirt das Chlorgas sehr leicht, und gibt dann das wäßrige Chlor (wäßrige oxydirte Salzsäure, Chlorwasser, Bleichwasser), welches dieselbe Farbe und denselben Geruch, wie das Gas hat. Es zerstört, wie das Gas, alle Pflanzenfarben, und wird deßwegen zum Bleichen und zum Fleckenausmachen benutzt. Beim Erhitzen entweicht das Gas; auch durch das Licht wird es zerlegt, es entwickelt Sauerstoff und bildet Salzsäure, und muß daher wohl verschlossen an dunklen und kühlen Orten aufbewahrt werden. Man bedient sich desselben in der Medicin, und indem man Gesicht und Hände öfters mit verdünntem Chlorwasser wäscht, als Mittel gegen ansteckende Krankheiten.

Mit Sauerstoff verbindet sich das Chlor zu drei Oxydationsstufen, nämlich zu chlorichter Säure (Chloroxyd, dreifach oxygenirte Chlorine), ein orangegelbes Gas von 2, 7 spec. Gewicht, das

Digitized by Google

angenehmer als Chlor riecht, und alle organischen Farben schnell zerstört. Durch Licht und Wärme wird es zerlegt, durch letzte (schon durch die Wärme der Hand) unter heftiger Explosion und Feuerentwicklung. Mit den Basen bildet die chlorichte Säure Salze, die alle ähnliche Eigenschaften, wie das Chlor haben. Das Wasser nimmt gegen 7 Maße dieses Gases auf. — Die Chlorsäure (hyperoxydirte Salzsäure) ist eine farblose, oder im möglichst concentrirten Zustande gelbe, tropfbar ölartige Flüssigkeit, welche durch das Licht nicht verändert wird; dagegen wird sie durch viele Wasserstoffverbindungen und durch viele organische Stoffe zerlegt. Trockenes Löschpapier in sehr concentrirte Chlorsäure getaucht, entzündet sich, nach Serullas, beim Herausziehen aus derselben. Die chlorsauren Salze wirken nicht auf Pflanzenfarben, und werden in der Hitze zerlegt. — Die oxydirte Chlorsäure (oxygenirte Chlorinsäure, Ueberchlorsäure) ist eine der vorigen ähnliche Flüssigkeit, von angenehm saurem Geschmack. Sie röthet Lackmuspapier ohne es zu entfärben, und wird weniger leicht zerlegt, als die übrigen Verbindungen des Chlors mit Sauerstoff. Auch die Salze derselben sind schwerer zerlegbar. Wenn man den Dampf der kochenden Säure (sie siedet bei 160° R.) gegen Papier strömen läßt, so entzündet sie dasselbe. Man kann sie auch als feste krystallinische (weiße) Masse erhalten, welche an der Luft schnell zerfließt, indem sie dicke weiße Nebel bildet.

Die Salzsäure (Chlorwasserstoffsäure, Hydrochlorsäure, Hydralogen, salzichte Säure) ist eine Verbindung des Chlors mit Wasserstoff, wie Davy 1810 bewiesen hat. Dieselbe findet sich frei bei Vulkanen. Wenn man gleiche Masse Wasserstoffgas und Chlorgas im Dunklen oder bei Feuerlicht mit einander mengt, so verbinden sie sich nicht, wenn aber das Gemenge vom Tageslichte getroffen wird, so vereinigen sie sich nach und nach und es verschwindet die Farbe des Gases. Wird das Gemenge unmittelbar vom Sonnenlichte getroffen, so brennt es wie Knallluft unter einem heftigen Knall ab. Um diesen Versuch anzustellen, macht man das Gemenge in einem dunklen Zimmer, indem man in eine Flasche gleiche Theile Wasserstoffgas und Chlorgas bringt. Darauf legt man die verschlossene Flasche in eine Schüssel, verdeckt diese so, daß kein Lichtstrahl eindringen kann, setzt die verdeckte Schüssel sodann in das Sonnenlicht, zieht mittelst einer Schnur aus einiger Entfernung die Decke weg, und in dem Augenblicke, wo das Sonnenlicht die Flasche trifft, wird diese mit einem heftigen Knalle zerschmettert werden. Merkwürdig ist es, daß diese Explosion nicht erfolgt, wenn das Gas in Glas eingeschlossen ist von rother, gelber oder grüner Farbe. Der Grund ist, daß die violetten Strahlen des Sonnenlichtes die Entzündung bewirken. Auch durch den elektrischen Funken wird jenes Gasgemenge entzündet. Aus dem Gasgemenge wird durch die Explosion chlorwasserstoffsaures Gas, aber ohne daß eine Verdichtung stattfindet, denn das Volumen des Gases vor und nach der Verbindung ist gleich groß. Die reine Salzsäure ist ein farbloses Gas von 1, 28 spec. Gew. (atmosphärische Luft = 1), 644 mal leichter als Wasser. Faraday hat es durch Druck und Kälte

Digitized by Google

zu einer farblosen, durchsichtigen, sehr flüchtigen tropfbaren Flüssigkeit verdichtet. Es ist von stechendem, erstickendem Geruche, brennt weder, noch unterhält es das Brennen, und ist nicht athembar, so daß Thiere darin ersticken. An feuchter Luft raucht es heftig. Mit Wasser verbindet sich die Salzsäure rasch unter Entwicklung von Wärme zu wäßriger Salzsäure. Ein Volumen Wasser nimmt bei gewöhnlicher Temperatur bis 480 Vol. salzsaures Gas auf, und bildet damit die tropfbar flüssige, wäßrige Salzsäure. In verdünntem Zustande heißt die wäßrige Salzsäure, gemeine, in concentrirtem Zustande rauchende Salzsäure. Die letztere raucht nämlich an der Luft und hat den stechenden Geruch des Gases. Wenn sie nicht verunreinigt ist, so muß die wäßrige Salzsäure eine wasserhelle Flüssigkeit sein. Den Namen Salzsäure hat sie erhalten, weil man sie durch Zersetzung des Kochsalzes mit Schwefelsäure gewann.

Mit Stickstoff verbindet sich das Chlor zu einer heftig knallenden Substanz, Chlorstickstoff. Es ist dieß eine ölartige dunkelgelbe Flüssigkeit, die schnell an der Luft verfliegt, dem Chlor ähnlich riecht, die Augen angreift, und 1,653 spec. Gewicht besitzt. Selbst bei hohen Kältegraden wird sie nicht fest. Einer höheren Temperatur in geschlossenen Gefäßen ausgesetzt, zerlegt sich dieselbe unter heftiger Explosion mit Feuererscheinung in Chlorgas und Stickgas. Eine auffallende Erscheinung, weil in der Regel nur dann Explosionen einzutreten pflegen, wenn sich Körper mit einander verbinden, nicht aber, wenn sich dieselben trennen. Durch die geringste Veranlassung explodirt dieser Körper, und es ist daher sehr gefährlich Versuche mit demselben anzustellen. Wenn man einen Tropfen davon von etwas Löschpapier auffangen läßt, und nähert dieses dann schnell der Lichtflamme, so explodirt der Chlorstickstoff mit einem stärkeren Knalle, als der eines Büchsenschusses ist. Wenn man auf eine reine Theetasse etwas, von ein wenig Wasser bedeckten Chlorstickstoff legt, die Theetasse auf ein loses Bret auf den Boden setzt, und dann den Chlorstickstoff mit einem heißen Eisen, oder mit einem in etwas Baumöl getauchten Stocke berührt, so wird das Wasser umher geworfen, und das Stück der Theetasse, auf welchem der Chlorstickstoff lag, wird tief in das Bret geschlagen. Der Chlorstickstoff explodirt bei der Berührung mit einer großen Anzahl anorganischer und organischer Stoffe; es ist daher äußerst gefährlich mit ihm zu experimentiren.

Die chlorhaltige, salpetrichte Säure (Salpetersalzsäure, Königswasser, Goldscheidewasser) erhält man durch bloßes Vermischen von 1 Theil mäßig verdünnter Salpetersäure mit 2 bis 3 Theilen Salzsäure. Sie ist eine unangenehm riechende, bräunlich gelbe, rauchende Flüssigkeit, in der sich das Gold auflöst. —

Das salzsaure Ammoniak oder Salmiak findet sich bei Vulkanen und im Harn. In Aegypten bereitet man es aus dem Ruß des verbrannten Kameelmistes, in Europa aus unreinem kohlensauren Ammoniak. Der Salmiak krystallisirt in regelmäßigen Octaëdern und deren Abänderungen. Er hat einen stechend salzigen Geschmack, ist rein weiß, trocken, in der Hitze ohne Zerlegung flüchtig, löst sich

Digitized by Google

in 3 Theilen kalten und 1 Theile kochenden Wassers, wobei er beträchtliche Kälte erregt. Der Salmiak wird vielfach gebraucht, in der Medicin, als Beitze beim Färben, beim Verzinnen kupferner Gefäße, beim Löthen u. s. w.

Mit den Metallen bildet das Chlor die Chlormetalle, welche zum Theil flüssig, meist aber fest sind, häufig haben sie das Ansehen von Salzen und sind nicht metallglänzend. Zum Theil sind sie auch flüchtig, oder werden durch Hitze zerstört. Die meisten aber sind feuerbeständig und werden nur in der Glühhitze ohne Zerlegung verflüchtigt.

Chrom (v. d. griech. χρόω färben) ist ein unedles Metall, welches sich im Chromeisenstein und im rothen Bleispathe findet, und 1797 von Vauquelin entdeckt worden ist. Es ist von grauweißer Farbe, von 5,9 spec. Gewicht, sehr strengflüssig und nicht magnetisch. Bei gewöhnlicher Temperatur bleibt es an der Luft unverändert; in der Glühhitze oxydirt es sich und das pulverförmige verbrennt zu braunem Oxyd. Man kennt drei Oxyde desselben. Das Chromoxydul, ein grünes Pulver, welches beim Erhitzen bräunlich wird, mit Wasser ein bräunlichgraugrünes Chromoxydulhydrat, und mit Säuren grüne oder blaue Chromoxydulsalze bildet. — Das Chromoxyd ist ein dunkelbraunes Pulver, welches mit Wasser ein rothbraunes Hydrat und mit Säuren Chromoxydsalze bildet. — Die Chromsäure ist eine scharlachrothe, lockere, oder dunkelrothe, zusammenhängende Masse, oder hellrothe Krystalle, und zerfließt an der Luft. Mit Basen bildet sie die chromsauren Salze, welche meist gelb oder roth sind. — Man kennt sonst Verbindungen mit Chlor, (das dreifache Chlorchrom verpufft heftig mit Phosphor), und mit Schwefel. — Man bedient sich der Chromverbindungen zum Theil zu Malerfarben, des Chromoxyduls namentlich in der Glasmalerei, indem es den Glasflüssen eine schöne grüne Farbe ertheilt.

Chronologie (v. d. griech. χρόνος Zeit, und λόγος Rede) ist die Wissenschaft von der Zeitmessung. Die Zeit wird und wurde früher gemessen, theils nach bestimmten regelmäßig wiederkehrenden Erscheinungen in der Natur, theils nach willkührlichen, zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Völkern verschieden angenommenen Abschnitten. Naturerscheinungen, nach denen die Zeit gemessen wird, sind Tag und Nacht, das Vollwerden des Mondes, die Zeit, in der die Erde ihren Lauf um die Sonne zurücklegt und daher die Jahreszeiten, und der scheinbare Gang der Sonne durch die Bilder des Thierkreises, u. a. Hiernach ist es Aufgabe der angewandten Mathematik, welches die wahre Größe des Sonnenjahres, der Tage, die wiederkehrenden Stellungen der Sonne und des Mondes, u. s. w. sei, zu berechnen, und dieß ist möglich, weil hierin in der Natur eine unveränderte Regelmäßigkeit herrscht. In dieser Hinsicht wird von mathematischer Chronologie gesprochen, und diese setzt eine große Menge astronomischer Kenntnisse voraus. — Die historische Chronologie dagegen enthält die geschichtliche Erzählung der verschiedenen Zeit-

Digitized by Google

eintheilungen, wie sie theils nach dem jedesmaligen Stande der Naturkenntniß, theils durch Uebereinkunft bei den verschiedenen Völkern alter und neuer Zeit gebraucht worden sind, und die Zurückführung und Vergleichung dieser Zeiteintheilungen sowohl unter einander, als auch mit der mathematisch richtigen Zeiteintheilung.

Die Länge der Jahre bei verschiedenen Völkern, die Ereignisse, nach denen gezählt wurde, die Anzahl, Reihefolge und Länge der Monate und Wochen, die Feste, nach denen Zeitbestimmungen gegeben wurden, alles dieses sind Gegenstände der Chronologie; und man sieht hieraus wie die Chronologie eine der wichtigsten Hilfswissenschaften der Geschichtsforschung ist.

Circumpolarsterne heißen die Sterne um (lat. circum) den wahren Pol des Himmels. Die **nördlichen** Circumpolarsterne (um den Nordpol) sind: der große Bär oder der Wagen, mit 7 Sternen zweiter Größe, von denen 4 die Räder, 3 die Deichsel bilden; der kleine Bär mit dem Polarsterne; der Drache; Cepheus; die Cassiopeia, ein helles Gestirn von der Gestalt eines Y. Der Polarstern, welcher dem Pole am nächsten steht, wird gefunden, wenn man über die beiden Hinterräder des Wagens eine Linie zieht, wie F. 135. zeigt. Die **südlichen** Circumpolarsterne (um den Südpol) sind bei uns nie sichtbar, auch gibt es keinen Stern, der so nahe am Südpole stände, wie der Polarstern am Nordpole. — Die Kenntniß dieser Sterne, namentlich des Polarsterns, ist vornehmlich Seereisenden unumgänglich nöthig, weil man aus der Stellung derselben die Himmelsgegenden unterscheiden und die Polhöhe des Ortes, an dem man sich befindet, erkennen kann.

Cohäsion (v. d. lat. cohaerere zusammenhängen), heißt der **Zusammenhang** der Theile eines und desselben Körpers unter einander. Am stärksten ist dieser Zusammenhang bei denjenigen Körpern, welche **feste Körper** heißen. Die größere oder geringere Cohäsion der Theile dieser Körper unter einander bestimmt den Grad ihrer **Festigkeit**, so daß die Untersuchungen über die Cohäsion dieser Körper mit denen über ihre Festigkeit zusammenfallen; s. d. Art. **Festigkeit**. Auch tropfbar flüssige Körper zeigen Cohäsion, indem ihre Theile in stärkerem oder schwächerem Zusammenhange unter einander stehen bei den verschiedenen Flüssigkeiten, indem einige mehr andere weniger **zäh** sind. Die Tropfenbildung selbst zeigt, daß Zusammenhang der Theile eines flüssigen Körpers unter einander stattfindet.

Ist die Anziehung eines flüssigen oder eines festen Körpers stärker als der Zusammenhang der Theile des flüssigen Körpers unter einander, so bilden sich, wenn beide Körper zusammen gebracht werden, keine Tropfen, sondern der flüssige Körper breitet sich über die Oberfläche des festen Körpers aus, benetzt den Körper. Ist dagegen die Cohäsion des tropfbar flüssigen Körpers stärker als die Adhäsion an dem festen Körper, so wird er auf dem letzteren Tropfen bilden, runde Kugeln, welche durch die Schwere und die Adhäsion etwas plattgedrückt sind. So z. B. bildet Quecksilber auf Glas, Wasser auf Bärlappsaamen, der Thau

Digitized by Google

auf den Blättern der Pflanzen, Tropfen. — Einige Körper werden von bestimmten Flüssigkeiten gar nicht benetzt, wenn man sie in dieselben taucht, d. h. die Anziehung dieser Körper gegen die flüssigen (Adhäsion) ist so gering, daß sie nicht im Stande ist, den Zusammenhang der Theile des flüssigen Körpers unter einander zu zerreißen. So wird Fett durch Wasser nicht benetzt, Eisen nicht durch Quecksilber. Das Quecksilber benetzt den gemeinen Flor nicht. Daher kann man in einem Flore Quecksilber tragen, ohne daß dieses hindurchläuft, durch die Oeffnungen des Flors treten nur kleine Halbkugeln des Quecksilbers vor, ohne daß sie aber herabfallen. So auch kann man Leinen mit Hexenmehl bestreuen und sodann Wasser darin tragen. Auch in den Fällen, wo zwei Flüssigkeiten sich nicht mit einander vermischen, (wie Oel und Wasser) findet eine größere Anziehung der Theile der einzelnen Flüssigkeiten unter einander (Cohäsion) als der Flüssigkeiten zu einander (Adhäsion) statt.

Die Cohäsion des Wassers mag auch der Grund sein, daß man specifisch schwerere Körper als Wasser doch auf demselben zum Schwimmen bringen kann, wenn dieselben sehr dünn sind, z. B. Nahnadeln.*) Man hat geglaubt, daß eine feine Haut sich über dem Wasser bilde, welche hinlänglich stark wäre, um das Durchbrechen jener kleinen Körper zu hindern, allein die Erscheinung ist hinlänglich erklärt, wenn man annimmt, daß die Cohäsionskraft der Theile des Wassers unter einander größer sei, als daß sie durch den Druck jener kleinen Körper überwunden werden könnte. Rumford erinnert, daß ohne den Zusammenhang und die gegenseitige Anziehung der Wassertheile unter einander, durch den Sturm viel ungeheurere Massen Wassers, und viel weiter fortgeführt werden müßten, als geschieht; dieß wird besonders einleuchtend, wenn man bedenkt, wie der Sturm Sand- und Staubwolken mit sich fortzuführen vermag. Andere Flüssigkeiten haben geringere Cohäsion als Wasser, daher auch kleine specifisch schwerere Körper auf ihnen schwerer oder gar nicht zum Schwimmen zu bringen sind; z. B. Alkohol, Aether, und hieraus folgert Rumford, daß diese Flüssigkeiten auch leichter als Wasser verdunsten. Hierher gehören auch die Erscheinungen, daß Goldblättchen, obgleich sie specifisch viel schwerer als Wasser sind, doch in diesem nicht untergehen, eben so bleiben die feinsten Theile der Pigmente im Wasser sehr lange schwebend. Spinnen und andere kleine Wasserthiere laufen ohne unterzusinken über das Wasser hin, weil sie dünne fadenartig in 5 bis 6 Spitzen auslaufende Füße haben, welche wie die erwähnten Nähnadeln nicht untersinken, sondern nur eine kleine Vertiefung in das Wasser machen.

Für die Ansicht, daß die Wärme das der Anziehung entgegengesetzte Prinzip sei, (vergl. d. Art. Abstoßung, S. 17) spricht auch der von La Place und Lichtenberg beobachtete Umstand, daß eine

*) Eine stählerne Nähnadel von 0,5 par. Lin. Durchmesser, und 19 Linien Länge, deren Gewicht 3,5 Gran beträgt, ist nach Parrot die größte, welche noch zum Schwimmen auf Wasser gebracht werden kann.

erwärmte Flüssigkeit mehr und kleinere Tropfen gibt, als eine kalte; auch breitet sich erwärmtes Wasser leichter und schneller aus als kaltes. Der Cohäsion wirkt ferner auch die Elektricität entgegen. Wenn man in einer Flüssigkeit einerlei Elektricität anhäuft, so wird dadurch die Cohäsion derselben vermindert. Wasser z. B. in einem Gefäße, welches so schief gestellt ist, daß das Wasser nur gerade gehalten durch die Cohäsionskraft nicht heraus tropft, — tropft alsbald aus dem Gefäße heraus, wenn es electrisirt wird.

Man hat die ganze Erscheinung der Cohäsion aus dem Drucke der atmosphärischen Luft erklären wollen, doch kommt man mit dieser Erklärung, namentlich bei den festen Körpern gar nicht aus. Daß derselbe aber zu Vermehrung der Cohäsion beitrage, ist wohl keinem Zweifel unterworfen. Flüssigkeiten fangen unter der Luftpumpe bald nach Aufhebung des Luftdruckes an zu kochen und sich in Dämpfe zu verwandeln.

Compaß, Boussole (franz.) heißt ein Instrument, welches wesentlich in einer, in ihrem Schwerpunkt unterstützten, beweglichen Magnetnadel besteht, die in ein Kästchen eingeschlossen und mit einem eingetheilten Kreise versehen ist. Der Zweck der Magnetnadel ist, um vermöge der Eigenschaft derselben sich immer dem Nordpole zuzuwenden, diesen selbst und damit auch die übrigen Himmelsgegenden jederzeit zu erkennen. Darum ist die Magnetnadel namentlich für den Seefahrer ein ganz unentbehrliches Instrument, weil auf dem Meere sich sonst kein Mittel befindet zu allen Zeiten sich zu orientiren. Aber auch der Landmesser bedient sich der Boussole, so wie der Astronom, der Bergmann, und nach den verschiedenen Zwecken, zu denen dieselbe dienen soll, gibt man ihr besondere denselben angemessene Vorrichtungen.

Die Erfindung dieses wichtigen Instrumentes wird gewöhnlich den Italienern und zwar dem Neapolitaner Flavio Gioja zugeschrieben, der um das J. 1302 lebte, und dessen Geburtsort einen Compaß im Wappen führen soll. Nach Gilbert aber hat der Venetianer Marco Polo den Compaß aus China mitgebracht, und für diese Abstammung aus dem wunderbaren Lande spricht der Umstand, daß die Venetianer, wie vordem die Chinesen, früher die Magnetnadel auf einen Kork befestigt schwimmen ließen. Mit der Vervollkommnung der Schifffahrt, hat dieses Instrument zugleich wesentliche Verbesserungen in Bezug auf vortheilhafte Aufstellung und damit zu erreichende Genauigkeit erhalten.

Es kommt beim Compaß wesentlich darauf an, daß die Magnetnadel so leicht beweglich als möglich aufgestellt werde, damit sie ungehindert die ihr eigenthümlichen Bewegungen, welche man beobachten will, annehmen könne. Zu dem Ende ist es nöthig, daß sie in ihrem Schwerpunkte unterstützt werde; dieß kann auf zweifache Art geschehen, entweder so, daß man sie von oben an einen Faden aufhängt, um den sie sich frei drehen kann, oder daß man mittelst eines Stiftes von unten dieselbe unterstützt. Da sie bei der ersten Art der Aufhängung bei jedem Stoße und bei jeder Schwankung (z. B. des Schiffes) hin

Digitized by Google

und hergeschleudert wird, so wird allgemein die letztere Art der Aufhängung bei Compassen vorgezogen. Deßwegen pflegt man die Nadel in ihrer Mitte mit einem Hütchen zu versehen, mit dem sie auf einen aufrechtstehenden zugespitzten Stift (Gnomon) gesetzt wird, auf dem so die Nadel möglichst wenig in ihrer Beweglichkeit gehemmt schwebt. Das Hütchen wird immer oberhalb der Nadel angebracht, (Fig. 136.) so daß der Unterstützungspunkt etwas über der Fläche der Nadel sich befindet; nur die Chinesen bringen die Nadel oberhalb des Hütchens an. Stift und Hütchen müssen aus einem nichtmagnetischen Metalle gearbeitet sein und sich so weit als möglich nur in Einem Punkte berühren. Das Hütchen pflegt man aus hartgeschlagenem Messing oder auch aus Achat zu verfertigen. Je nachdem der Stoff, aus dem das Hütchen verfertigt ist, weicher oder härter als der Stift, auf dessen Spitze es sich bewegt, ist, wird das Hütchen oder der Stift bei längerem Gebrauche der Nadel angegriffen und zerkratzt oder abgestumpft werden, und es ist daher nöthig, Hütchen und Stift zuweilen nachzubessern. Je leichter und ungehinderter die Nadel auf dem Stifte sich dreht, desto empfindlicher ist das Instrument. Man kann diese Empfindlichkeit prüfen, indem man der Nadel bald von der einen, bald von der andern Seite einen Magnet nähert, der sie aus der Lage im magnetischen Meridiane wegzieht, wenn sie dann wieder zur Ruhe gelangt, wird sie zu beiden Seiten mehr oder weniger von der Lage im magnetischen Meridiane abweichen, und die Größe des Bogens, um den sie bald nach der einen, bald nach der andern Seite dieser Ebene bei einer großen Anzahl von Versuchen abgelenkt bleibt, wenn sie zur Ruhe kommt, wird der Stärke der Reibung entsprechen, je kleiner der Bogen nämlich ist, desto schwächer ist die Reibung.

Gewöhnlich wird die Nadel aus Stahl gefertigt, doch kann man dieselbe auch aus Nickel und Kobalt, nach Lampadius sogar aus einer Legirung von Platin oder Gold und Nickel bereiten. Diese Nadeln haben vor den stählernen den Vorzug, daß sie nicht rosten. Hiervon aber abgesehen, wird es immer vortheilhafter sein, die Nadel aus Stahl zu verfertigen. Ueber den Grad der Härtung, welche man am passendsten der Nadel zu geben habe, ist man indeß nicht einig. Nach Muschenbrök ist die Federhärte, welche beim Anlassen des Stahles durch die blaue Farbe sich ankündigt, die passendste. Andere Physiker dagegen behaupten, der glasharte unangelassene Stahl nehme den meisten Magnetismus auf. Coulomb hat aus den von ihm angestellten Versuchen gefunden: 1) daß bei Stahlblechen der Zustand der stärksten Härtung derjenige sei, in welchem sie den Magnetismus am wenigsten annehmen; 2) daß dieser Grad des Magnetismus beinahe einerlei sei mit dem, wenn die Nadel bis zur weißgelben Farbe angelassen ist; 3) daß von dem Zustande der starrsten Härtung der Magnetismus der Bleche zunimmt durch alle Grade des Anlassens, bis zum dunklen Roth; 4) daß der Magnetismus hernach wieder abnimmt, je größer die Hitze ist, bei welcher der Stahl angelassen wird. Hansteen fand durch Versuche mit zwei vollkommen gleichen Stahlcylindern, die er mit einander härten und den einen bis zur strohgelben Farbe anlaufen ließ,

Digitized by Google

daß die magnetische Kraft des erstern zu der des zweiten ungefähr wie 1 zu $1\frac{1}{2}$ sich verhielt. Als vortheilhaft erwies sich das Ablöschen des Stahles in siedendem Leinöl. Auch hat man die Erfahrung gemacht, daß Nadeln, welche nicht auf das strengste gehärtet sind, ihre magnetische Kraft allmählig verlieren.

Was die Form der Nadeln betrifft, so ist man auch über diese nicht einig. Kater gibt als beste Form die eines durchbrochenen Rhomboid's (wie Fig. 137. vorstellt) an, von 5 Zoll Länge und 2 Zoll Breite. Am wenigsten passend scheint es, die Nadel an ihren Enden schwer und dick und nach der Mitte hin abnehmend zu machen. Nach Knight bedient man sich schmaler und dünner Parallelepipeden. Nach Coulombs Untersuchungen hat ein rautenförmig geschnittenes Stahlblech (F. 136.) den Vorzug vor einem Rectangel von gleichen Gewicht, Länge und Dicke. Was die Stärke der Nadel anbetrifft, so wird eine dickere Nadel nur ein größeres Gewicht haben als eine dünnere, und darum eine größere Reibung des Hütchens auf der Spitze bewirkt werden, übrigens aber wird sie an Kraft nicht gleichmäßig mit der Dicke zunehmen. Deßwegen ist es passender sich dünner Nadeln zu Compassen zu bedienen.

Durch die Verbindung zweier (oder mehrerer) dünner Nadeln, die in einiger Entfernung von einander sind, kann dagegen eine Kraft hervorgebracht werden, die beinahe gleich ist der Summe der einzelnen Kräfte beider Nadeln. Derartige Compasse mit parallelen Nadeln waren früher in Dänemark in Gebrauch, und sind in neuerer Zeit wieder von Pullmann in Woolwich empfohlen worden.

Die Magnetnadel wird, von welcher Gestalt sie auch sein mag, da sie frei auf einem Punkte schweben soll, unter oder über ihrem Schwerpunkte unterstützt, und ihre geometrische Axe wird dem Auge des Beobachters ihre Richtung angeben. Sie nimmt aber ihre Richtung an nach der Richtung ihrer magnetischen Axe (s. d. Art. Magnetnadel), d. h. sie stellt sich so, daß ihre magnetische Axe mit dem magnetischen Meridiane des Ortes, in welchem sie sich befindet, zusammenfällt. Fällt die magnetische Axe mit der geometrischen zusammen, so braucht man nur die letzte zu beobachten, ist dieses aber nicht der Fall, welches häufig vorkommt, so muß man bei allen genaueren Beobachtungen eine Correctur in Bezug der Abweichung der geometrischen Axe von der magnetischen anbringen, und deßwegen muß man diese Abweichung kennen. Man lernt sie aber auf folgende Art kennen. Gesetzt die Magnetnadel N'S' (Fig. 138.), welche als geometrische Axe N'S' hat, habe in dieser Richtung nicht ihre magnetische Axe, sondern diese in der Richtung NS, so wird sie aufgehangen nicht mit der Linie N'S', sondern mit der Linie NS sich in den magnetischen Meridian des Ortes stellen, wollte man also N' für den nach Norden zeigenden Punkt nehmen, so würde man irren, denn N'S' weicht um den Winkel N'MR ab von der Richtung der magnetischen Axe SN. Drehe ich nun die Nadel um, und hänge sie so auf, daß ihre vorher untere Fläche nun zur oberen wird, so ändert sich dadurch ihre magnetische Axe nicht, die Nadel stellt sich also wieder so auf, daß NS die frühere Lage hat, die

Digitized by Google

geometrische Axe aber bekommt dadurch eine andere Lage, nämlich die Lage N''S'', weicht also jetzt um den Winkel N''MR von der Lage im magnetischen Meridian ab. Es ist aber leicht zu zeigen, daß W. N'MR = N''MR ist. Denn N'MR und N''MR sind dieselben Winkel, nur in verschiedenen Lagen der Nadel, die beim Umwenden die Linie NS nicht verändert hat, also ist W. N'MR = N''MR, oder, was dasselbe ist, die magnetische Axe halbirt den W. N' M N''. Beobachte ich also bei einer Nadel, deren magnetische Axe nicht zusammenfällt mit der geometrischen Axe, erst vor der Umdrehung, dann nach der Umdrehung die Lage der geometrischen Axe, und nehme die Hälfte des Winkels, um den ihre geometrische Axe in der ersten Lage abweicht von der Richtung in der zweiten Lage, so habe ich damit gefunden die Lage der magnetischen Axe, und, was durch die Magnetnadel angezeigt werden soll, den magnetischen Meridian im Orte der Beobachtung. Ist vor und nach der Umdrehung der Magnetnadel die Lage ihrer geometrischen Axe dieselbe, so fällt bei ihr die magnetische Axe mit der geometrischen zusammen. Die geometrische Axe der Magnetnadel pflegt durch einen Strich auf dieselbe angegeben zu werden. Man kann bei einer Nadel, deren magnetische Axe abweicht von der geometrischen Axe, um nicht bei jeder einzelnen Beobachtung die Correctur vornehmen zu müssen, ein für allemal nach zu dem Zwecke in angegebener Weise angestellten Beobachtungen, diesen Strich in der Richtung der magnetischen Axe machen (also in Fig. 138. den Strich NS auf der Nadel N'NS'S ziehen), und die Beobachtungen nun nach diesem Striche anstellen. Gerling gibt folgendes Verfahren an: Man legt den Compaß auf ein Bretchen, das mit Dioptern versehen ist, und in horizontaler Richtung umgedreht werden kann, gibt ihm die Lage, daß die Nadel auf den Nullpunkt der Theilung weist, und bemerkt durch die Diopter einen kenntlichen Gegenstand. Dreht man nun das Bretchen auf ein Object zur Rechten, so gibt die Magnetnadel desselben magnetisches Azimuth an. Die Diopter des Bretchens werden sodann wieder auf den ersten Gegenstand zurückgeführt, die Boussole selbst aber so viel links gedreht, daß die Nadel auf die eben abgelesene Stelle der Theilung weise. Bewegt man das Bretchen auf den zweiten Gegenstand, so zeigt die Nadel die doppelten Winkel. Indem man auf diese Weise in der ersten Visirlinie die Nadel immer auf den zuvor abgelesenen Punkt der Eintheilung einstellt, erhält man das Vielfache des magnetischen Azimuth's mit ziemlicher Genauigkeit, und durch die Beobachtung mit der umgewendeten Nadel auch das Vielfache des Fehlers, oder der zu machenden Correctur. Die Berichtigung der Nadel wird am besten vom Künstler selbst unternommen. Hierbei muß aber Rücksicht von ihm genommen werden auf die stündlichen Aenderungen der Abweichung (s. d. Art.).

Horner gibt nach der Erfahrung folgende Regeln in Bezug auf die Anfertigung der Nadeln an: 1) die Breite der Nadel muß etwa $\frac{1}{20}$ ihrer Länge betragen; 2) ihre Dicke mag etwa $\frac{1}{4}$ ihrer Breite halten; 3) sie soll nach den Enden spitz auslaufen; 4) sie soll voll-

Digitized by Google

kommen gehärtet, und bis zur strohgelben Farbe angelassen, oder besser noch, aus der Weißglühhitze in siedendem Leinöl abgelöscht werden.

Den Gesetzen der magnetischen Neigung (s. d. Art.) gemäß, senkt sich bei der aufgehängten Nadel auf der Nordhälfte der Erdkugel das Nordende, auf der Südhälfte der Erdkugel das Südende, deßwegen wird bei Compassen, die große Reisen mitmachen sollen, ein verschiebbares kleines Gewicht an die Nadel angebracht, welches so gestellt wird, daß sich Nordende und Südende das Gleichgewicht halten. Bei Compassen, welche keine bedeutende Veränderung des Standortes erleiden, ist ein Tropfen Siegellack hinreichend das Gleichgewicht beider Enden herzustellen.

Das Gehäuse, welches gewöhnlich cylindrisch, zuweilen halbkugelförmig geformt ist, muß natürlich von einem Metall sein, gegen welches die Magnetnadel unempfindlich ist, also von Messing oder Kupfer. Man pflegt das Gehäuse, um das Instrument vor Beschädigung durch Schmutz und Nässe zu schützen, mit einem Glasdeckel zu verschließen.

Die bedeutendste Anwendung macht man vom Compaß zur See, und gibt dem ganzen Instrumente verschiedene zu diesem bestimmten Gebrauche vortheilhafte Einrichtungen. So heißt es Seecompaß, Schiffscompaß und, weil nach ihm der Lauf des Schiffes gerichtet wird, Steuercompaß. Fürs erste ist bei allen Schiffscompassen die Nadel mit einer kreisförmigen Papierscheibe, der Windrose (Schiffsrose) bedeckt, welche am äußersten Rande die gewöhnliche Theilung von 360 Graden hat. Innerhalb dieser befindet sich eine zweite Kreiseintheilung in 32 Abtheilungen, Rhumben, Striche, auf deren jeden also $11\frac{1}{4}$ Grade kommen. Diese die Weltgegenden anzeigenden Striche werden nun in folgender Art benannt. Zuerst die rechtwinklig gegen einander stehenden Hauptgegenden: Nord, Ost, Süd, West (N, O, S, W). Der Zwischenraum zwischen diesen vieren wird zunächst halbirt, so erhält man 4 erste Nebengegenden, welche so benannt werden, daß man die Namen der Hauptgegenden, zwischen denen eine jede liegt, neben einander, dabei aber Nord oder Süd zuerst setzt, also heißen sie: Nordost, Südost, Südwest, Nordwest, (NO, SO, SW, NW). — Zwischen je zweien der nun vorhandenen 8 Weltgegenden liegt eine zweite Nebengegend. Diese 8 zweiten Nebengegenden werden wieder benannt, indem die Namen der rechts und links stehenden Gegenden an einander gefügt werden, und zwar dabei der Name der nächsten Hauptgegend vorangestellt wird; also heißen dieselben: Nordnordost, Ostnordost, Ostsüdost, Südsüdost, Südsüdwest, Westsüdwest, Westnordwest, Nordnordwest, (NNO, ONO, OSO, SSO, SSW, WSW, WNW, NNW). — Aber nochmals werden die Zwischenräume dieser 16 Weltgegenden getheilt, und man erhalt 16 dritte Nebengegenden, die so bezeichnet werden, daß jedesmal der Name der nächsten Hauptgegend oder ersten Nebengegend ausgesprochen, und je nachdem die auszusprechende Gegend rechts oder links von dieser liegt, der Name der nächsten Hauptgegend mit dem Wörtchen: gen oder in beigefügt wird, so erhält man: Nord in Ost, Nordost in Nord, Nordost in Ost, Ost in Nord, Ost in Süd,

Digitized by Google

Südost in Ost, Südost in Süd, Süd in Ost, Süd in West, Südwest in Süd, Südwest in West, West in Süd, West in Nord, Nordwest in West, Nordwest in Nord, Nord in West; (NiO, NOiN, NOiO, OiN, OiS, SOiO, SOiS, SiO, SiW, SWiS, SWiW, WiS, WiN, NWiW, NWiN, NiW). Dieses sind die 32 Rhumben der Windrose; will man noch Hälften derselben bezeichnen, so fügt man noch diejenige der vier Hauptgegenden zu der kommenden nächstgelegenen Hauptgegend, oder ersten oder zweiten Nebengegend, auf welche zu dieser neue Halbirungspunkt liegt. Fig. 139. stellt eine Windrose vor.

Diese Windrose wird auf die Magnetnadel so befestigt, daß der Nullpunkt, oder, was dasselbe, der Nordpunkt ihrer Eintheilung auf das Nordende der Nadel zu liegen kommt. Man pflegt das Papier, auf welches die Rose gezeichnet ist, auf ein Stück russisches Marienglas zu kleben, damit sich die Windrose nicht durch Einwirkung der Feuchtigkeit oder der Sonnenwärme krümme. Dieses Marienglas wird dann auch von der andern Seite mit Papier beklebt.

Da ein Seeschiff in fortwährender schwankender Bewegung ist, so würde ein ohne weiteres in demselben aufgestellter Compaß fast keine Beobachtung zulassen, weil die Nadel fast gar nicht zur Ruhe kommen würde. Deßwegen pflegt man dem Compaß eine Aufhängungsart zu geben, welche ihn so viel als möglich der Einwirkung der Stöße des Schiffs entzieht. Man hängt nämlich einen den Compaß C (Fig. 140.) umschließender Ring so in einen Ring R auf, daß der erste sich um die Zapfen bei a und a frei bewegen kann; diese Zapfen liegen in einer geraden Linie (Axe) aa, die ich mir von a durch den Mittelpunkt des Instruments (also durch den Aufhängepunkt der Nadel) nach a gezogen denken kann. Der Ring R hängt nun in den Zapfen bei b und b beweglich auf den Seitenwänden des Kastens K. Diese Zapfen bei b und b müssen einander so gegenüberstehen, daß eine durch beide gelegte gerade Linie (Axe) bb mit der Linie aa unter rechten Winkeln sich schneiden würde, und zwar in dem Aufhängepunkte der Nadel. Nun kann sich der Compaß selbstständig bewegen, und daher dem Gesetze seiner Schwere selbstständig folgen, d. h. bei den Schwankungen des Schiffes, wenn dieselben nicht zu heftig und zu schnell aufeinander folgen, immer die senkrechte und also die in ihm schwebende Nadel die wagerechte Stellung beibehalten. Fig. 141. stellt die Aufhängung beider Ringe in dem Kasten dar, wie sie sich von oben gesehen vorstellt. A und B sind die Zapfen des äußern Ringes, welche auf dem Kasten aufruhen, D und E sind die Zapfen, mit denen der innere Ring im äußern hängt, und in diesen innern Ring wird der Compaß gesetzt. Der Kasten, in welchem sich der Schiffscompaß befindet, ist mit einem Glasdeckel geschlossen. Bei den sogenannten Sturmcompassen wird das cylindrische Gehäuse länger als bei den gewöhnlichen Schiffscompassen gemacht und unten noch mit Blei beschwert, damit bei den heftigen Stößen des Schiffs während des Sturmes der Compaß langsame Schwingungen mache.

Die Lenkung des Schiffes nach dem Compaß geschieht nun folgendermaßen. Der Compaß, nach welchem gesteuert wird, ist in der

Digitized by Google

Steuermannshütte so befestigt, daß er grade über dem Kiele des Schiffes steht, und der Punkt, in dem die Richtung des Kieles das Gehäuse des Schiffes schneidet, ist auf der Seite nach dem Vordertheile des Schiffes zu durch eine senkrechte schwarze Linie auf weißem Grunde bezeichnet. Mit dieser Linie muß nun der Steuermann fortwährend den ihm aufgegebenen Strich in Berührung halten. So wird dem Schiffe die der Richtung, nach welcher man segeln will, angemessene Stellung gegeben.

Man kann den Compassen auch so eine Einrichtung geben, daß der untere Boden von Glas und die Windrose unterhalb der Nadel angebracht ist. Ein derartiger Compaß hängt an der Decke der Cajüte des Capitäns, und an ihm beobachtet dieser, ob richtig gesteuert wird.

Ein Compaß, welcher dazu benutzt werden soll, das Azimuth (s. d. Art.) der Sonne zu beobachten, heißt ein Azimuthalcompaß, und ist seiner Bestimmung gemäß etwas anders eingerichtet, als der Schiffscompaß. Zunächst nämlich trägt die Nadel keine Windrose, sondern statt dessen einen möglichst leichten versilberten Kreis von Messing, welcher eine Gradtheilung enthält. An dem Rande des Gehäuses sind ferner zwei Absehen (S. 36) angebracht, um mittelst derselben nach der Sonne visiren zu können. Die durch die Absehen und die Sonne bestimmte gerade Linie macht mit der Richtung der Magnetnadel einen Winkel, welcher den Abstand des Scheitelkreises der Sonne vom magnetischen Meridiane angibt, oder das magnetische Azimuth. Der Azimuthalcompaß muß mit einer Vorrichtung versehen sein, den Metallkreis der Nadel festzustellen. Dieß geschieht gewöhnlich so, daß mittelst eines seitwärts angebrachten Drückers an den Kreis ein in einem unterwärts angebrachten Gelenke beweglicher cylindrischer Metallstreifen angedrückt wird. Da auf diese Weise aber bald die Schärfe der Gnomonspitze abgeschliffen wird, so gibt Horner eine andere unschädlichere Construction zur Erreichung dieses Zweckes an.

Aa (Fig. 142.) ist der Gnomonstift, der bis nach a genau cylindrisch und glatt polirt ist. Er ist von der messingenen Hülse F umgeben, die durch ihr Gewicht beständig auf dem Hebel DE ruht, welcher durch den Pflock C gegen tieferes Sinken geschützt ist. Der Rand der untern Oeffnung des Hütchens H ist kugelförmig abgeschliffen nach einem Halbmesser, dessen Centrum im Berührungspunkte mit der Gnomonspitze sich befinden würde. Von demselben Centrum ist auch die obere kugelförmige Fläche des Hütchens gebildet, so daß dieses auch bei den stärksten Schwankungen niemals an den concaven, nach dem nämlichen Halbmesser geformten Wölbungen der nahen Stücke F und B anstoßen kann. Das Stück B läßt sich vermittelst des Schräubchens m in dem Cylinder M feststellen, welcher entweder in das durchbohrte Deckglas des Gehäuses festgeschraubt, oder besser noch, in einer oben übergehenden Querstange solid befestigt ist. Will man nun die Nadel abstellen, so bedarf es nur eines kurzen Druckes am Hebel DE, der unterhalb des Zapfens Z angebracht ist, um vermittelst der Hülse F das Hütchen H an die Schale von B festzudrücken.

Man bedient sich des Compasses auch zum Aufnehmen. Dann pflegt die Kreiseintheilung nicht an der Nadel, sondern am Gehäuse

Digitized by Google

befestigt zu sein. Ein solcher Compaß muß ebenfalls mit Absehen oder mit einem Fernrohre versehen sein. Kater hat eine wesentliche Verbesserung für alle Compasse, bei denen visirt werden muß, und welche sonst zwei Beobachter erforderten, angegeben. Dieselbe besteht darin, daß der Beobachter in den Stand gesetzt wird, zur nämlichen Zeit und mit demselben Auge einen ganz feinen Faden, der sich auf den Gegenstand, dessen Lage man aufnehmen will, projicirt, und zugleich den Punkt der Kreiseintheilung, welcher der Richtung der zu diesem Gegenstande führenden Gesichtslinie entspricht, zu erblicken. Biot gibt eine nähere Beschreibung des Katerschen Compasses. Seine Darstellung ist in Fig. 143. gegeben. Es besteht aus einem kupfernen Gehäuse von ungefähr 63 Millimeter im Durchmesser, dessen kreisförmiger Boden in der Mitte einen fein zugespitzten Stahlstift trägt, auf den die Magnetnadel mit ihrer Mitte mittelst eines Achathütchens aufgesetzt wird, um sich frei drehen zu können. Diese Nadel trägt, wie bei den Seecompassen, einen Kreis von leichter Pappe oder Horn, dessen Umkreis in Grade eingetheilt ist, und an dessen Nullpunkt sich die Nordspitze der Nadel befindet. Das Ganze ist mit einem Deckel von recht durchsichtigem Spiegelglase versehen, welcher die Nadel vor störenden Bewegungen der Luft schützt. Die Vorrichtung zum Visiren nach den Gegenständen besteht aus zwei Stücken, A und B. Ersteres, A, ist eine auf die Ebene des Gehäuses senkrechte Kupferplatte, in der Mitte mit einer Längenöffnung durchbrochen, in deren Mitte sich ein ganz feiner Faden gespannt befindet, der während der Beobachtungen vertical und senkrecht auf die Ebene der Kreiseintheilung bleiben muß. Man erhält die Erfüllung dieser Bedingung, indem man ihn durch ein kleines Gewicht spannt, und die Stellung des Gehäuses so regulirt, daß dieß Gewicht an einen festen Strich F', welcher auf dem Fuße der Platte verzeichnet ist, antrifft. Diesem Theil gegenüber befindet sich der Theil B, an welchen das Auge gebracht wird. Er besteht im Wesentlichen 1) aus einem kleinen Loche T, durch welches man direct nach dem Faden F und nach dem Gegenstande, der zum Visirpunkte genommen werden soll, hinsieht; 2) aus einem kleinen halbrunden Stück einer biconvexen Linse, in der Figur mit C bezeichnet, bestimmt, das Bild der Grade der Kreiseintheilung, welches durch einen kleinen silbernen Spiegel M zurückgeworfen wird, dem Auge näher zu bringen und zu vergrößern. Da die Oeffnung der Pupille einen merklichen Durchmesser hat, so vermag man auf diese beiden Arten zu gleicher Zeit zu sehen. Der verticale Faden erscheint dann als ein dünner Strich auf dem zurückgeworfenen Bilde der ihm diametral entgegengesetzten Eintheilungen, und gibt durch dieß Uebereinanderfallen die Bestimmung der Gesichtslinie mit eben so viel Leichtigkeit als Genauigkeit. Wenn man z. B. das Instrument, nachdem es horizontal gemacht worden ist, dreht, bis der Faden sich auf 180° projicirt, so wird die Gesichtslinie mit der Richtung der Nadel selbst zusammenfallen, und die Abweichung der, auf dieser Richtung gelegenen, Gegenstände Null sein. Dreht man aber das Gehäuse horizontal um einen gewissen Winkel und läßt so die Gesichtslinie auf andere Gegenstände fallen, so wird die Nadel, die stets nach dem näm-

Digitized by Google

lichen Punkte des Raumes gekehrt bleibt, die Kreiseintheilung in der nämlichen Lage festhalten; und der Faden des Diopterlineals wird sich auf eine andere Zahl Grade projiciren, wodurch der Winkel, um den die Drehung erfolgt ist, gemessen wird.

Da die Compasse, welche auf dem Lande gebraucht werden, beim Fortschaffen starken Erschütterungen ausgesetzt sind, so pflegt man sie so einzurichten, daß die Nadel während des Transports durch einen Hebel von der Spitze abgehalten wird. Horner beschreibt ein Instrument mit einer derartigen Vorrichtung. AB (Fig. 144.) ist eine Dose von reinem Messing oder Kupfer, V und V' sind die beiden Dioptern, die erstere mit einem gläsernen Prisma P (Fig. 145.) versehen. Beide lassen sich zur bequemern Einpackung niederklappen. Die Ocular-diopter V ist aufwärts verschiebbar, um das vergrößernde Prisma so zu stellen, daß man die Eintheilung auf dem getheilten Kreise deutlich sieht. In dem Boden der Dose ist der genau cylindrische, oben fein zugespitzte stählerne Gnomon G (Fig. 146.) eingeschraubt. An ihm gleitet die messingene Hülse ohne Reibung oder Schlotterung auf und nieder. Sie ist oben kegelförmig abgedreht und hat noch einen horizontalen Ansatz, auf dem das Hütchen H der Nadel genau sich aufpaßt. Der durch eine Schlitze in der Seitenwand der Dose herausragende Hebel DE (Fig. 147.) führt vermittelst des Stiftes s die Hülse am Gnomon auf und nieder; eine starke silberne*) Feder K drängt ihn beständig aufwärts, so daß die Nadel immer ausgelöst ist. Während der Beobachtung drückt man bei E den Hebel sanft niederwärts, wodurch das Hütchen mit der Spitze in Berührung kommt. Die inwendige Fläche des Hütchens ist von glashartem Stahl oder Achat, nur wenig concav und auf das feinste polirt. Eine leise Bewegung des Fingers am Hebel bei E reicht hin, jeden Augenblick die Nadel in ihrem wahren Centrum aufzusetzen, wenn die Fläche des Hütchens auf der Spitze sich etwas verschoben haben sollte. Besonders vortheilhaft ist diese Einrichtung, um beim Beobachten die Nadel bald zur Ruhe zu bringen. Man darf nämlich nur in der Mitte einer Schwingung den Hebel loslassen und dann sanft niederdrücken, um kleinere bald aufhörende Schwingungen der Nadel zu erhalten. Ein kleiner Schieber bei B dient, theils um den Hebel niederzuhalten, wenn man die Boussolen auf eine feststehende Unterlage gesetzt hat, oder auch beim Transport denselben beständig aufwärts zu drücken. Das Uebrige ist wie bei den meisten Schmalkalderschen Boussolen. Die Visirlinie bildet mit der Richtung des Hebels einen rechten Winkel, und das Prisma befindet sich links vom Hebel, so daß sein Ende E von der rechten Hand berührt werden kann.

In Bezug auf die Gradeintheilung gibt Horner noch einige nützliche Vorschriften. Man soll den Abdruck einer auf der Theilmaschine eingetheilten Kupferplatte einer gezeichneten Kreiseintheilung vorziehen, weil bei jener die Striche feiner und gleicher werden. Der Abdruck soll auf starkem Bristol-Papier gemacht werden, welches vorher glacirt, d. h. mit stark gummirtem glänzenden Kreidegrunde überzogen

*) Stahl würde auf die Nadel störend wirken.

Digitized by Google

wurde, so daß es beim Abdrucke nicht befeuchtet werden muß, und sich dann, wie die Erfahrung gelehrt hat, auch später nicht verzieht. Die (verkehrt gezeichneten) Zahlen auf dem getheilten Kreise gehen von der Linken zur Rechten fort. — Die Bergleute bedienen sich eines Compasses, Markscheidercompaß, der nicht in Grade oder Striche, sondern in Stunden eingetheilt ist. Von Nord bis Süd zählen sie 12 Stunden und eben so viele wieder von Süd nach Nord. Diese Stunden sind wieder noch in 8 Theile getheilt, so daß auf die Stunde 15 Grade und auf jeden Theil 1° 52′ 30″ kommen.

Ueber den Einfluß der magnetischen Abweichung auf die Magnetnadel, die Declinations-Bousole und Barlow's Correctionsplatte, s. d. Art. Abweichung und Ablenkung. Die Abweichung der Magnetnadel ist in vielen Gegenden der Erde noch nicht genau bestimmt, ihre Kraft verschwindet fast in einigen nördlichen Gegenden, und dann versagt auch Barlow's Platte ihren Dienst; deßwegen hat Graydon einen Compaß angegeben, bei welchem die Richtung der Magnetnadel durch unveränderliche Erscheinungen am Himmel controlirt wird; und ein solcher Compaß wurde 1824 der Nordpolexpedition zur Probe mitgegeben. Horner gibt folgende Beschreibung der Construction dieses Apparates. AB (Fig. 148.) ist ein Zifferblatt, auf eine hohle metallene Halbkugel C geschroben, welche auf zwei Axen c, c in dem metallenen Ringe D, D ruhet. Letzterer ist gleichfalls auf den Axen d, d beweglich, welche durch die Träger E, E getragen werden, deren Füße auf der metallenen Platte FG festgeschroben sind, und diese ist wieder um eine Axe im Mittelpunkte des Standbretes HI beweglich. Die bewegliche Platte FG zeigt die Cardinalpunkte, und ist außerdem am äußeren Rande in Grade getheilt, auch bei I mit einem auf dem Standbrete festsitzenden Nonius versehen. An den Zapfen c und c hängt vermittelst zweier gespaltener Arme, deren einer M sichtbar ist, die schwere Metallplatte KL beträchtlich unter dem Schwerpunkte des halbkugelförmigen Gefäßes C, so daß dieses, und namentlich das Zifferblatt desselben, stets in horizontaler Lage erhalten wird. Auf diese Platte ist der Arm K vertical aufgeschraubt, mit einem Nonius k an seinem oberen Ende, vermittelst dessen sich Theile der Grade des getheilten Quadranten g h an dem Gefäße C ablesen lassen, wenn dasselbe vermittelst der Mikrometerschraube n, welche in einen Schraubengang eingreift, in die Höhe geschroben wird. In einem Rahmen, an der unteren Fläche der Platte KL, befinden sich zwei Planspiegel m, m, welche einen ausspringenden Winkel mit einander bilden und dazu dienen, um das Instrument horizontal zu stellen, indem die Bilder von zwei im Horizonte befindlichen Gegenständen durch die Reflection in eine horizontale Ebene, oder in eine mit den Rändern der Spiegel parallele Linie fallen müssen; die horizontale Lage der Platte KL wird aber durch das Anziehen oder Lösen der Schrauben an den Axen bewirkt, auf welchen das halbkugelförmige Gefäß im Ringe D aufgehangen ist. Letzteres hat außerdem ein Gegengewicht im Innern, vermöge dessen der Schwerpunkt desselben sehr nahe in den Mittelpunkt der Kugel fällt, wovon es einen Theil ausmacht, und wird außerdem durch die Kugel

Digitized by Google

Z so balancirt, daß eine Bewegung um die Zapfen c, c seinen Schwerpunkt nicht merklich verrückt.

Will man mit diesem Compaß die Abweichung der Magnetnadel finden, so läßt man das gerade Sonnenlicht entweder durch die Kreuzfäden oder durch eine Linse im Bretchen O gegen die mit einem Kreuze versehene elfenbeinerne Fläche P fallen, und indem der Schatten der Kreuzfäden, oder der Brennpunkt der Linse auf den Durchschnittspunkt der beiden Linien auf der elfenbeinernen Fläche P fallen muß, so wird die Richtung hierdurch angegeben. Das Zifferblatt auf C ist nämlich in 24 Stunden oder 360 Grade getheilt, und mit einem Stunden- oder Index-Arme E versehen, dessen eines Ende als Nonius getheilt ist, um die Grade auf dem Zifferblatte abzulesen. Im Mittelpunkte des Zifferblattes ruhet der Rahmen P auf einer Säule und trägt die elfenbeinerne Platte q mit Kreuzschnitten oder Kreuzfäden, am Ende auf dem Index-Arme E aber ist die Säule o errichtet, in welcher die Stange s verschiebbar ist, welche den erwähnten Rahmen O trägt und nach den Tangenten der Winkel getheilt ist, welche der Durchschnittspunkt der Fäden im Rahmen O bei seiner Erhebung oder Herabdrükkung mit dem Durchschnittspunkte der Kreuzfäden auf der Scheibe q bildet, zu deren feineren Ablesung ein Nonius auf der Außenseite der Säule o bei v und die Mikrometerschraube t dient. Für die Sanftheit bei dieser Bewegung ist durch eine Klemmschraube gesorgt. Denkt man sich das Instrument auf dem Schiffe so festgeschroben, daß die Linie IH mit dem Kiele des Schiffes parallel läuft, und wird dann der Bogen g h so weit erhoben, daß seine Grade der Polhöhe gleich sind, so liegt die Fläche des Zifferblattes in der Ebene des Aequators. Man stellt dann den Index-Arm auf wahre Sonnenzeit, erhebt den Stab s zur Tangente der Sonnenhöhe für diese Zeit, und dreht die Platte FG so lange, bis der Schatten der Kreuzfäden von O aus auf den Durchschnittspunkt der Kreuzfäden in q fällt; so ist die Linie FG und der Zeiger A im astronomischen Meridian, und die Magnetnadel zeigt ihre Abweichung, so wie der Nonius bei I die Richtung des Schiffes. — Man kann ferner den Index-Arm E mit einem Uhrwerke versehen, welches denselben in 24 Stunden einmal um seine Axe dreht, und wenn dann der Nonius I auf diejenigen Grade gestellt wird, welche der Richtung des Schiffes entsprechen, so darf der Steuermann das Schiff nur so richten, daß der Schatten der Kreuzfäden auf den Durchschnittspunkt der Linien auf q fällt. Statt der elfenbeinernen Platte kann in diesem Falle auch eine matte Glasscheibe genommen werden, wenn der Steuermann hinter derselben das Bild sehen will. Dieser Gebrauch des Instruments ist vorzüglich in den nördlichen Gegenden zu empfehlen, wo die Sonne nicht untergeht. Daß man bei genauer Kenntniß der Abweichung der Magnetnadel vermittelst dieses Instruments die Polhöhe und auch die wahre Zeit finden könne, ergibt sich von selbst.

Compensation (v. d. lat. compensatio, Aufwägung) bedeutet eigentlich jede Vorrichtung, welche dazu dient, irgend einen störenden

Einfluß aufzuheben, aufzuwägen. So spricht man von einer achromatischen Compensation, welches die Wegschaffung der störenden Farben, die sich bei Linsen zeigen, durch die Verbindung von Kronglas und Flintglas, bedeutet. Vorzugsweise aber bezeichnet Compensation eine Vorrichtung, welche dazu dient, den störenden Einfluß, welchen die Wärme auf Instrumente hat (durch ihre Eigenschaft alle Körper auszudehnen,) aufzuheben. Namentlich wirkt die Wärme störend auf Uhrwerke. Dieß kann man an jeder gewöhnlichen Taschenuhr oder Wanduhr bemerken, indem die Uhr bald langsamer, bald schneller geht, je nachdem sich die Temperatur der sie umgebenden Luft ändert.

Ein Pendel schwingt desto langsamer, je länger es ist. Da nun durch die Wärme die Körper und so auch die Pendelstange ausgedehnt wird, so muß sich ein Pendel desto langsamer bewegen, je mehr die es umgebende Luft und durch diese es selber erwärmt ist, also wird auch jede Pendeluhr in der Wärme langsamer gehen als in der Kälte*). Die Größe dieses Einflusses läßt sich leicht berechnen. Es dehnt sich bekanntlich das Eisen zwischen 1° — 100° C. um 0,00117 seiner Länge aus**). Haben wir nun ein Pendel von 440 par. Lin. Länge, so beträgt seine Ausdehnung bei 10° C. 0,000117 × 440 Lin., das ist = 0,051. Da nun bei 0,01 par. Lin. Verlängerung der Pendellänge eine Verspätung des Ganges der Uhr von nahe einer Sec. zur Folge hat, so bleibt eine Uhr, welche bei 1° C. richtig ging, bei 10° C., wenn sie ein eisernes Pendel hat, um 5,1 Sec. binnen 24 Stunden zurück. Hat die Uhr ein Pendel von Messing oder Kupfer, welche Metalle sich beide um 0,0019 zwischen 1° — 100° C. ausdehnen***), so beträgt die Ausdehnung eines Pendels von 440 L. Länge bei 10° C. 0,00019 × 440 = 0,083 Lin., die Verspätung der Uhr mit einem solchen Pendel in 24 Stunden also 8,3 Secunden. Die Verspätung einer Uhr unter den gegebenen Umständen mit einem eisernen Pendel verhält sich also zur Verspätung einer Uhr mit einem messingenen oder kupfernen Pendel von gleicher Länge, wie 5,1 : 8,3, welches ungefähr das Verhältniß von 5 : 8 ist; und eben so verhalten sich auch die relativen Ausdehnungen der genannten Metalle = 0,00117 : 0,00190 = 117 : 190. Bei Eisen und Zink ist dieses Verhältniß = 3,5 : 9, so daß sich eine Uhr mit einem Pendel von Zink, 440 Lin. lang, bei 10° C. um 13 Sec. in 24 Stunden verspäten würde.

Wo es auf irgend welche Genauigkeit in Bestimmungen mittelst des Pendels ankommt, kann diese Veränderung, welche dasselbe durch die Temperatur erleidet, nicht vernachlässigt werden, und man mußte

---

*) Brandes sagt: Der Secundenzeiger der Pendeluhr rückt immer um 60 Secunden fort, wenn das Pendel 60 Schläge vollendet, aber diese angeblichen Secunden sind nicht Secunden mehr, wenn das Pendel seine Länge ändert; und da unsere Uhren von der härtesten Winterkälte bis zur größten Sonnenwärme einer Aenderung von mehr als 60 Cent. Gr. unterworfen sind, so ändert ein Pendel mit Stahlstange um etwa $\frac{7}{1000}$ der ganzen Länge, d. i. um reichlich $\frac{1}{4}$ Linie, und hierdurch wird die Anzahl der Schwingungen in einem Tage um 30 Schwingungen (bei Messing sogar um 45 Schwingungen) vermindert, wenn die Wärme um so viel zunimmt.

**) S. d. Art. Ausdehnung, S. 97.

***) S. d. Art. Ausdehnung S. 98 und 99.

Digitized by Google

daher auf Mittel denken, diesen Einfluß entweder ganz aufzuheben, oder doch unschädlich zu machen. Das erstere kann in vielen Fällen dadurch geschehen, daß man die Temperatur, in welcher sich das Pendel befindet, auf einem bestimmten Grade zu erhalten sucht; dieß geht aber namentlich auf Sternwarten, die nicht geheizt werden dürfen, nicht an. Ein anderes Mittel wäre, zu den Pendeln einen Stoff ausfindig zu machen, der sich gar nicht, oder so wenig durch die Wärme ausdehnte, daß man den Einfluß dieser geringen Ausdehnung vernachlässigen könnte. Holz wird nach den Längenfasern nur wenig durch die Wärme ausgedehnt, und man kam daher auf den Gedanken, Pendel aus Holz zu verfertigen, und zwar schlug Graham zu diesem Zwecke das Ebenholz und das Nußbaumholz vor. Das Holz aber ist wieder dem Einflusse der Feuchtigkeit sehr ausgesetzt, und diese bewirkt Verkürzung des Pendels, und man kann also mit hölzernen Pendeln ebenfalls in Irrthümer gerathen. Ueberdieß läßt sich in Bezug auf Veränderung der Ausdehnung durch Feuchtigkeit gar keine irgend genaue Correctur anbringen. Durch Tränken in Oel und Ueberziehen mit Firniß kann man indeß den Einfluß der Feuchtigkeit sehr vermindern oder gänzlich aufheben. Nach von Browne gemachten Versuchen nimmt eine Stange von Theka-Baum-Holz*), wenn sie getrocknet und dann vergoldet ist, keine Feuchtigkeit mehr an. Viele Physiker aber sind gegen die hölzernen Pendel, und es ist nur soviel gewiß, daß sie zu Uhren, bei denen es nicht auf mathematische Genauigkeit ankommt, schon darum die empfehlenswerthesten sind, weil sie wohlfeiler als genau gearbeitete Compensationspendel von Metall und jedenfalls besser sind, als einfache Metallpendel.

Eine andere Art, den Einfluß der Wärme unschädlich zu machen, ist nun die Compensation. Hier sucht man den Fehler nicht zu vermeiden, sondern vielmehr einen neuen gleich großen Fehler einzuführen, welcher jenem entgegenwirkt und dadurch denselben aufhebt.

Aus der obigen Betrachtung ergibt sich sogleich eine Art der Compensation, nämlich die des Rostpendels, welchen Harrison erfunden hat. Schon Graham (1715) dachte daran, zwei Metalle verschiedener Ausdehnbarkeit durch die Wärme so zu verbinden, daß ihre beiderseitigen Ausdehnungen sich gegenseitig aufhöben, doch schien ihm ein zu geringer Unterschied der Ausdehnung durch die Wärme bei den Metallen stattzufinden, als daß die Sache ausgeführt werden könnte. Dafür entdeckte Graham 1721 eine andere Compensation, nämlich die mittelst des Queckfilberpendels. Alle Compensationspendel müssen indeß auch noch nachträglich durch die Erfahrung regulirt werden.

Das Rostpendel in seiner einfachsten Gestalt zeigt Fig. 149. CP ist die Pendelstange von Eisen, und eben so sind auch die Stangen AB und DE von Eisen, die Stangen FG und KL dagegen sind von Zink. Indem sich nun die Metalle gleichzeitig ausdehnen, so wird, vermöge der Ausdehnung des Eisens P sinken, vermöge der Ausdehnung des Zinkes aber steigen, wie die Betrachtung der Figur lehrt. Da sich aber das Zink stärker ausdehnt, als das Eisen, so ist es mög-

*) Ein hoher Baum in Ostindien.

Digitized by Google

lich, ein ſolches Verhältniß der Eiſen- und Zinkſtangen zu wählen, daß, indem die Zinkſtangen kürzer ſind, bei der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung, P vermöge der Zinkſtangen genau um eben ſoviel ſteigt, als es vermöge der Eiſenſtangen ſinkt, d. h. daß die Länge des ganzen Pendels durch die Wärme unverändert bleibt. Zink empfiehlt ſich vorzüglich wegen ſeiner ſtarken Ausdehnung durch die Wärme zur Compenſation, und ſeitdem Smeaton 1754 dieſe entdeckt hat, bedient man ſich daher vorzugsweiſe dieſes Metalles in Verbindung mit Eiſen, zur Verfertigung von Roſtpendeln. Sonſt nahm man nach dem Erfinder Harriſon Eiſen und Meſſing. Die verhältnißmäßige Länge der Stangen von verſchiedenen Metallen wird beſtimmt durch die Formel: $l = L.\frac{e}{z-e}$. Hier bedeutet l die Länge der Zinkſtange, L die Länge der Eiſenſtange, e die eigenthümliche Ausdehnung des Eiſens und z die eigenthümliche Ausdehnung des Zinkes. Da nun (ſ. S. 399) das Verhältniß der Ausdehnung des Eiſens und Zinkes = 3,5 : 9 gefunden worden, ſo iſt hiernach jene Formel

$l = L\frac{3,5}{9-3,5} = \frac{3,5}{5,5}L = \frac{7}{11}L$; iſt alſo z. B. l = 39 Z. (d. h. die Eiſenſtangen 39 Z. lang), ſo müſſen die Zinkſtangen $l = \frac{7}{11} \cdot 39$ Z. = 24,8 Z. ſein. — Will man ſtatt des Zinkes eines andern Metalles ſich bedienen, ſo braucht man in der Formel $l = L \cdot \frac{e}{z-e}$ für z nur die dieſem Metalle eigenthümliche Ausdehnung zu ſetzen, wie dieſelbe in der Tafel im Art. Ausdehnung S. 97 verzeichnet iſt. Z. B. wollte man ein Roſtpendel aus Meſſing und Eiſen anfertigen, ſo findet ſich die Ausdehnung des Meſſings von 1° — 100° C. = 0,00190; die Ausdehnung des Eiſens iſt = 0,00117, demnach $l = L \cdot \frac{0,00117}{0,00190-1,00117} = L \cdot \frac{117}{190-117} = L\frac{117}{73}$, welches nahe = $L\frac{2}{3}$. Hiernach müßte die Länge der Meſſingſtange um $\frac{2}{3}$ die der Eiſenſtange übertreffen; man vertheilt daher, weil es nicht thunlich iſt, die Meſſingſtange länger als die Eiſenſtange zu machen, die $\frac{1}{3}$ auf zwei Syſteme, wie Fig. 150. vorſtellt, ſo daß man jeder der zwei aufſteigenden Meſſingſtangen die Länge von $\frac{2\frac{1}{2}}{3}$ gibt.

Die angegebene Formel war $l = L\frac{e}{z-e}$, dieſe kann man ſchreiben, $lz - le = Le$, und dieß gibt $lz = e(L+l)$ oder $\frac{z}{e} = \frac{L+l}{l}$, welches man als Proportion ſchreiben kann: $L + l : l = z : e$; dieß heißt in Worten ausgeſprochen: Die Summe der Länge der Stäbe beider Metalle verhält ſich zur Länge der Stangen des compenſirenden Metalles, wie die Ausdehnung des compenſirenden Metalles zur Ausdehnung des andern Metalles.

Digitized by Google

Von welchem Metalle die Stange AD, BE, FK (Fig. 149.), darauf kommt wenig an, weil die Ausdehnung nach der Breite desselben, also nach der Länge des Pendels, von nur sehr geringem, und wenn die verticalen Stangen durch sie hindurch gehen, ohne allen Einfluß sein wird, ihre Längenausdehnung aber stets ohne Einfluß auf das Pendel ist, weil dieselbe für dieses eine horizontale Ausdehnung ist.

Statt des Zinkes zu Compensationspendeln hat Benzenberg vorgeschlagen, sich des Bleies zu bedienen; doch scheint das Zink zu diesem Zwecke vortheilhafter, weil es härter, leichter und von stärkerer Ausdehnung durch die Wärme, als das Blei ist.

Die Construction des Rostpendels kann mannigfach abgeändert werden. Eine sehr passende Einrichtung desselben gibt Herapath an; sie ist (nach Horners Beschreibung) folgende: Das Pendel ist, wie gewöhnlich, an einem Stücke einer Uhrfeder A (Fig. 151.), von 3 engl. Zoll Länge, aufgehangen und an dieser die eiserne Pendelstange B, 27, 92 Z. lang, befestigt. Auf einer Scheibe an ihrem unteren Ende ruhet die Röhre von Zink C, gleichfalls 27, 92 Z. lang, an deren oberes Ende eine Schraube zur Regulirung der Compensation geschnitten ist. Ueber diesen hohlen Cylinder von Zink wird die äußerste eiserne Röhre D geschoben, welche unten bei E′ in das eiserne Stück geschraubt ist, an dessen Stange die Linse bei G in ihrem Mittelpunkte festsitzt, und die Schraube am Ende einer Röhre F dient dazu, die Linse höher zu schrauben; oben bei E aber wird die eiserne Stange D durch eine Mutterschraube gehalten, welche sich auf der männlichen Schraube der Zinkstange zur Regulirung der Compensation auf- und niederschrauben läßt. Die Berechnung der Längen der einzelnen Theile und der diesen zugehörigen Compensation ist nach Herapath folgende. Er nimmt die Ausdehnung des Eisens für 1° F. = 0, 000006937, der Stahlfeder = 0, 00000761 und des Zinkes = 0, 00001672 der Einheit an. Hiernach beträgt die Ausdehnung

von 3 Z. Stahlfeder . . .	0, 000022830
von 27, 92 Z. Eisen . . .	0, 000193542
und noch von 36, 13929 Z. Eisen	0, 000250600
Zusammen	0, 000466972;

die Ausdehnung von 27, 92 Z. Zink aber beträgt 0, 000466822, welche somit jene genau compensirt.

Bei den vorerwähnten Rostpendeln wurde die Compensation durch die im entgegengesetzten Sinne wirkende Ausdehnung von verschiedenen Metallen bewirkt. Kater nahm an, daß sich Tannenholz bei 1° C. um 0, 00000408 ausdehne und gab hiernach folgende Construction eines Pendels an, wo die Ausdehnungen von Zink und Tannenholz einander aufheben. Man nimmt eine Stange von weißem Tannenholz, 0, 75 Z. breit und 0, 25 Z. dick, legt diese in einen heißen Ofen, bis sie der Verkohlung nahe kommt, taucht dann die Enden in geschmolzenes Siegellack, reinigt die Stange und überzieht sie etlichemale mit Kopalfirniß. An das untere Ende derselben wird eine Fassung von Messing haltbar befestigt und mit einer starken stählernen Schraube versehen, um damit das Pendel später nach der Erfahrung genauer zu regu-

liren. Ferner wird das untere Ende der Stange schon vorher so stark verkleinert, daß sie sich bequem in eine hohle Röhre von Zink stecken läßt. Letztere ist ein hohles Parallelepipedon, 7 Zoll lang und von 0,75 Zoll Seite des Querschnittes, die Dimensionen der innern Oeffnung betragen aber nur 0,4 Z., doch aber muß der verdünnte Theil der Stange sich leicht beweglich durchstecken lassen. In dem Boden dieser Röhre von Zink ist ein Stück Messing von 0,25 Z. Dicke gelöthet, mit einer nahe 0,4 Z. weiten runden Oeffnung und einer weiblichen Schraube, in welche ein Cylinder von Zink mit einer männlichen Schraube zur Regulirung der Compensation geschraubt und mit einer Klemmschraube versehen wird, um nach hergestellter richtiger Compensation jede Verrückung zu verhüten. Es versteht sich von selbst, daß dieser Cylinder zu einer Verlängerung und somit auch zur Regulirung der compensirenden Zinkstange dient, weßwegen derselbe in seiner Axe durchbohrt ist, um die Stahlschraube der hölzernen Stange durchzulassen, und auf dem unten vorgeschraubten messingenen Knopfe zu ruhen. Die Stange wird mit ihrer unteren messingenen Fassung und Stahlschraube von oben herab durch die Pendellinse gesteckt, indeß ist das Loch in letzterer von unten an bis zum Centrum so erweitert, daß sich die Zinkstange hineinschieben läßt und jene also mit ihrem Mittelpunkte auf dem obern Ende von dieser ruht. Hierdurch hat Kater es auf eine sinnreiche Weise erreicht, daß die Zinkstange gerade das Centrum der Linse so hoch emporhebt, als die nöthige Compensation erfordert.

Eine sehr sinnreiche und die vorerwähnten an Einfachheit übertreffende Compensation beschreibt Biot. Man denke sich zwei schmale Metallplatten, AB, CD, (Fig. 152.) von gleicher Länge, die eine aus Eisen, die andere aus Kupfer, übereinandergelegt und unwandelbar aneinander mittelst einer großen Menge kleiner Schrauben befestigt, die durch beide Platten in eben soviel Punkten ihrer Länge hindurch gehen. Wurde dieß bei einer Temperatur z. B. von zehn Grad vorgenommen, und war die Verbindung beider Platten bei derselben geradlinig, so wird bei Veränderung der Temperatur diese geradlinige Richtung aufhören müssen. Steigt die Temperatur, so werden sich beide Platten ausdehnen und zwar auf ungleiche Weise, die Kupferplatte mehr als die Eisenplatte; wo dann das System der vereinigten Platten die krumme Gestalt, welche Fig. 153. darstellt, annehmen wird, so daß die Eisenplatte an der concaven, die Kupferplatte an der converen Seite liegt, um solchergestalt durch Zunahme ihres Umfangs das Zuviel ihrer Ausdehnung auszugleichen. Das Gegentheil wird eintreten, wenn die Temperatur unter die Grenze von 10 Grad, von welcher wir ausgingen, herabsinkt. Die verbundenen Stücke werden sich auch wieder krümmen, aber nach entgegengesetzter Richtung, so daß das in stärkerem Grade zusammengezogene Kupfer sich auf der Innenseite der Concavität, das Eisen nach Außen an der converen Seite befindet (Fig 154.). Um hiervon die Anwendung auf die Compensation einer Uhr zu machen (Fig. 155.), wollen wir an irgend einem Punkt O ihrer Pendelstange SL zwei solche Plattenpaare, senkrecht auf ihre Richtung, befestigen, an deren Enden Massen MM angebracht sind, welche der Pendelstange SL

Digitized by Google

dadurch, daß sie sich an zwei Schrauben V, V hin und zurückschrauben lassen, genähert, oder von ihr entfernt werden können. Sie machen solchergestalt einen Theil des zusammengesetzten Pendels aus, welches die Uhr in Gang setzt. Gesetzt nun, beide Platten wären bei einer gewissen Temperatur, z. B. von 10 Grad, geradlinig, so müssen sie sich bei Veränderung der Temperatur krümmen, und werden dabei von selbst die Massen in die Höhe oder herab rücken. Bei Zunahme der Temperatur wird die Stange SL sich verlängern, und der Punkt L, so wie der P. O tiefer herabtreten; zugleich aber werden sich die beiden Plattenpaare krümmen, und zwar im Fall die Eisenplatten zu oberst liegen, so, daß die beiden Massen M, M aufwärts gerückt werden (Fig. 156.), was eine Gegenwirkung gegen die Wirkung gibt, welche die Ausdehnung der Pendelstange auf den Apparat zu äußern strebt. Sinkt dagegen die Temperatur unter den Grad, den wir zuerst für den Apparat stattfindend annahmen, so wird die Pendelstange SL sich zusammenziehen, und die Linse L so wie den Punkt O dadurch weiter herauf rücken; da sich aber zugleich die Platten, wie Fig. 157. zeigt, krümmen, so werden dadurch die Massen M, M einen tiefern Standpunkt erhalten, und beide Erfolge einander wiederum entgegenwirken. Nach der bekannten Ausdehnung der Metalle läßt sich berechnen, welche Dimensionen man den verschiedenen Theilen des Apparats zu geben hat, um die Compensation in beinahe völliger Schärfe zu erhalten; und hierzu gelangt man noch vollends, indem man den Gang des Pendels mit dem der Sterne vergleicht, und die Massen M, M der Pendelstange LS nähert oder davon entfernt, bis die Temperaturveränderungen keinen störenden Einfluß mehr auf ihre Bewegungen äußern. Um dieß in kurzer Zeit und auf die sicherste Weise zu erproben, setzt man die Uhr in einen Trockenofen, erhitzt denselben auf kunstgerechte Art, und stellt die Massen so, daß die Uhr denselben Gang bei diesen hohen Temperaturen, wie bei dem Wärmegrade, den die Atmosphäre gerade hat, annimmt. Dieß ist auch die Verfahrungsart, mittelst welcher man die vollkommene Regulirung der andern Compensatoren erlangt. Der eben beschriebene hat den Vortheil, fast ohne Kosten an allen Pendeluhren angebracht werden zu können; und die Erfahrung hat gelehrt, daß er sehr viel Genauigkeit gewährt.

Bei der Compensation des Pendels durch Quecksilber, die zuerst Graham 1721 versucht hatte, beabsichtigt man, für alle Wärmegrade einen gleichen Abstand des Schwingungspunktes des Pendels vom Aufhängepunkte herzustellen. Man kann daher ein ganz aus Eisen bestehendes Pendel, welches in seinem unteren Theile Quecksilber enthält, machen; die erforderliche Menge des Quecksilbers läßt sich leicht bestimmen. Gewöhnlich macht man die Quecksilberpendel so, daß sich die eiserne Stange in einen Steigbügel (wie Fig. 158 zeigt), endet, in dem ein gläsernes Gefäß mit dem Quecksilber steht. — Der Schwingungspunkt fällt auf den Mittelpunkt der Axe des Quecksilbercylinders. Gesetzt nun, die Entfernung des Aufhängepunktes vom Schwingungspunkte soll 36,7 par. Zoll betragen, also (in Fig. 158.) AC = 36,7 par. Z. BC ist die halbe Höhe des Quecksilbercylinders, AB die Länge

des ganzen eisernen Instrumentes. So dehnt sich AB aus um eAB und CB um qCB, wenn e und q die verhältnißmäßigen Ausdehnungen des Eisens und Quecksilbers bedeuten. Sollen nun diese Ausdehnungen sich gegenseitig aufheben, so muß eAB = qCB sein; AB ist = 36,7 + CB, also haben wir die Gleichung e (36,7 + CB) = qCB; folglich ist $CB = \frac{e \cdot 36,7}{q - e}$.

Die Ausdehnung des Eisens ist aber zwischen den Grenzen 0° und 100° C. = 0,00117*), und die Ausdehnung des Quecksilbers zwischen 0° und 100° C. = 0,01801, oder (nach Horner) = 0,01750, wenn man Rücksicht nimmt auf die Ausdehnung des Glases, in dem sich das Quecksilber befindet; denn wenn das Glas durch die Wärme weiter wird, so wird verhältnißmäßig bei der Ausdehnung des Quecksilbers der Punkt C weniger steigen. So verhält sich

e : q = 117 : 1750; und $CB = \frac{117 \cdot 36,7}{1750 - 117} = 2,62$. Die ganze Höhe des Quecksilbercylinders mußte also sein = 5,24 par. Zoll.

Gegen die Einrichtung der Quecksilberpendel, wo das Quecksilber sich in einem von der eisernen Stange in einem Bügel getragenen Glase befindet, hat man eingewendet, daß das Eisen schneller von der Temperatur afficirt werde, als das in Glas eingeschlossene Quecksilber, sonach die Compensation in der That nicht vollkommen vor sich gehen werde. Man kann diesem Uebelstande zuvorkommen, wenn man das Quecksilbergefäß ebenfalls aus Eisen macht, und solche Pendel hätten überdem noch den Vortheil, daß sie schwer zerbrechlich und daher namentlich zum Gebrauch auf Reisen geeignet wären. Auch kann man das ganze Pendel aus Glas verfertigen, welches besonders Kater empfiehlt. An das obere Ende der gläsernen Pendelstange wird dann mittelst Schrauben eine messingene Fassung befestigt und an diese die tragende Uhrfeder mit Stiften befestigt. Die Berechnung der Höhe der erforderlichen Quecksilbersäule wird wie folgt angestellt. Wir wollen dieselbe 2 x nennen, die Entfernung des Aufhängepunktes vom Schwingungspunkte soll 36 par. Zoll betragen, die Uhrfeder sei 2 Z. lang, so kommt auf die Glasstange 34 Z. + x. Soll sich nun die Ausdehnung des Quecksilbers gegen die der Glasstange und der Feder aufheben, so muß (wenn q die eigenthümliche lineare Ausdehnung des Quecksilbers, g die des Glases, e die der Stahlfeder bezeichnet) 2e + (34 + x) g = xq sein, woraus sich ergibt $x = \frac{2e + 34g}{q - g}$; e, g und q stehen unter einander in dem Verhältniß der Zahlen 117, 86 und 1801**), folglich ist $x = \frac{2 \cdot 117 + 34 \cdot 86}{1801 - 86} = 1,84$ und die ganze Höhe des Quecksilbercylinders demnach = 3,68 par. Zoll. Das Quecksilberpendel muß so wie das Rostpendel nach der Erfahrung regulirt (nach-

*) S. den Art. Ausdehnung. S. 97 und S. 110.

**) S. d. Art. Ausdehnung. S. 97. ff.

Digitized by Google

gebessert) werden, während dieß bei diesem durch Hinauf- oder Herunterschrauben des Schwingungspunktes geschieht, pflegt man beim Quecksilberpendel kleine Massen von Quecksilber nachzugießen. Zuweilen ist der Rahmen, welcher das Glasgefäß umschließt (Fig 158.), an die eiserne Stange angeschraubt, und läßt sich an derselben höher und niedriger stellen, um hierdurch ein neues Mittel zur Correctur des Instrumentes zu erhalten. Für die letzten feinsten Correcturen empfiehlt Kater ein kleines auf der Pendelstange verschiebbares Gewicht. Welche Einrichtung man auch dem Instrumente geben mag, immer muß man darauf sehen, daß das Quecksilber bedeckt und so vor Schmutz und Oxydation geschützt sei.

Um die Wirkung der Ausdehnung der Compensation zu vergrößern, hat man Compensationspendel mit Hebelwerk angewandt. Die von Ellicot angegebene Construction beschreibt Horner, wie folgt. abcdef (Fig. 159.) ist ein breiter, nicht allzu dicker Streif aus Eisen oder Stahl; unten in der Oeffnung der Linse ist er noch etwas breiter, so daß auf dieser Fläche die Mittelpunkte der Hebel o und p befestigt werden können. Diese Hebel treten dann gegen die Mitte zusammen, und auf sie drückt das untere Ende der steifen Messingstange ABC, welche auf dem Eisenstabe ab durch Schraubenköpfe so angehalten wird, daß sie zwar der Länge nach sich bewegen, aber nicht ausbiegen kann. Diese Linse selbst ruht auf dem längern Arme jener beiden Hebel vermittelst der Köpfe r und s, welche durch die Drehung der eingetheilten, in die messingene Linse eingepaßten Scheiben m und n dem Mittelpunkte der Hebel genähert oder von demselben entfernt werden können, so daß man die Compensation nach Belieben reguliren kann. An den Köpfen r und s ist ein feiner Schraubengang angedreht, der sich ebenfalls auf den Hebeln o und p eingeschnitten findet. So wie sich nun die Messingstange ABC mehr ausdehnt, als der eiserne Pendelstab abcde, so wird sie durch den Druck auf die Hebel o und p die Linse in gehörigem Maße heben und so die Compensirung bewirken. Um die Mittelpunkte der Hebel von allzu schwerem Drucke zu befreien, ist unten bei f die Feder gg aufgeschraubt, welche den größten Theil der Linse trägt. Die Regulirung des mittlern Ganges muß entweder durch ein Laufgewicht längs der Pendelstange, oder oberhalb durch Versetzung der Klammer, welche die Feder, an der das Pendel hängt, umschließt, und seinen obern Endpunkt bestimmt, bewirkt werden.

Bei einer andern Construction ist das Hebelwerk außerhalb der Linse angebracht; sie ist schon darum weniger zu empfehlen, weil sie ein breites Gehäuse erfordert, und die Messingstangen schwerer vor dem Einbiegen geschützt werden können. Horner beschreibt sie: Von der Pendelstange ab (Fig. 160.) aus gehen divergirend die zwei eisernen Arme bc und bd, an deren unterem Ende die Mittelpunkte der Hebel pf und ph sich befinden. Der kürzere Arm derselben wird durch eine an b befestigte Messingstange (auf der einen Seite cf, auf der andern gh) niedergedrückt, wodurch das in der Linse verschiebliche Stück p in die Höhe steigt, und auf der unten angebrachten Schraubenmutter m, die zur Regulirung des ganzen dient, die Linse erhebt. Die Hebel

Digitized by Google

sind an ihrem kürzeren Ende bei cf und dh durch die Schrauben q und r stellbar.

Man kann endlich eine Compensation bei Pendeln noch dadurch bewirken, daß man eine Vorrichtung anbringt, vermöge welcher der Biegungspunkt der dünnen Stahlfeder, an der das Pendel aufgehängt ist, nach Maßgabe der Temperaturveränderung verrückt wird. Gewöhnlich wird das Stück D (Fig. 161.), welches die Stahlfeder einklemmt, am hinteren Boden des Uhrwerks befestigt; will man aber mit demselben eine Correctur bewirken, so wird eine Metallstange DE bei E in die Wand befestigt und bei D mit einem um F beweglichen Hebel in Verbindung gesetzt, der mit seinem andern Ende C die Feder einklemmt; so wie sich nun die Metallstange ausdehnt, wird nach dieser Einrichtung der Punkt C verschoben. Da aber bei dieser Vorrichtung die Veränderung der Wand, in welcher die Stange eingeschlagen ist, von Einfluß ist, diese aber auf keine Weise zu berechnen ist, so kann man auf diese Art eine genaue Compensation überhaupt nicht erlangen.

Die Compensation von Seeuhren und Taschenuhren wird mittelst Federn bewerkstelligt, die, ähnlich wie bei der oben S. 403. beschriebenen Martinschen Compensation, durch Zusammenschrauben verschieden ausdehnsamer Metalle hergestellt werden. Eine genauere Beschreibung dieser Compensation s. unt. d. Art. Zeitmesser.

Compensation der Ausdehnung durch die Wärme wird nicht bloß da nöthig, wo es auf Zeitmessung ankommt, sondern überall, wo die Wärme einen störenden Einfluß haben kann, namentlich bei allen Arten von Maßstäben, deren man sich in den verschiedensten Fällen bedient. Meist sucht man dieser Störung durch Wahl eines Materials zuvorzukommen, welches so wenig als möglich eine Veränderung durch die Wärme erleidet, oder man bringt, wo es auf Genauigkeit ankommt, den Einfluß der Wärme in Rechnung. Die Mittel, die man in den einzelnen Fällen anwendet, den Einfluß der Wärme unschädlich oder berechenbar zu machen, werden bei den einzelnen Fällen, wo es darauf ankommt, unter den betreffenden Artikeln erwähnt.

Compressionsmaschinen (v. d. lat. comprimere, zusammendrücken) oder Condensationsmaschinen (v. d. lat. condensare, verdichten) bezeichnet eigentlich jede Maschine, welche dazu dient, einen Körper zusammenzudrücken und dadurch zu verdichten. Gewöhnlich aber versteht man darunter den Luftpumpen ähnliche, aber im entgegengesetzten Sinne wirkende, d. h. die Luft verdichtende Instrumente, dieselben heißen dann auch Compressionspumpen, Condensationspumpen. Sie sind besonders wichtig geworden, seit man entdeckt hat, daß gasförmige Flüssigkeiten durch Zusammendrückung in tropfbarflüssige verwandelt werden können. So hat man durch Zusammendrückung viele vorher nur in Gasform bekannte Körper als tropfbare Flüssigkeiten dargestellt. Auch die tropfbar flüssigen Körper erleiden gewisse Veränderungen, wenn sie einem starken Drucke ausgesetzt werden.

Man kann im Allgemeinen jede Luftpumpe zur Zusammendrükung der Luft benutzen, würde aber dadurch der Luftpumpe selbst leicht

Digitized by Google

Schaden thun. Die Compressionsmaschinen haben aber alle eine der Luftpumpe ähnliche Vorrichtung, nur daß der Kolben Luft in einen Behälter hineinstößt, wo er bei der Luftpumpe Luft herauszieht. Die zusammengedrückte Luft ist das bei der Windbüchse wirkende Princip, daher jede Windbüchse mit einer Compressionsmaschine versehen sein muß. Fig. 162. stellt eine solche Compressionsmaschine vor. Die Bestandtheile derselben sind 1) der Behälter B, gewöhnlich eine Kugel, in welcher die Luft zusammengedrückt werden soll, und der daher hinlängliche Festigkeit haben muß. Man arbeitet ihn aus Eisen oder getriebenem Kupfer ursprünglich aus zwei Stücken, die bei e, e zusammengeschroben und dann hart gelöthet sind. Man gibt dem Kupfer eine Dicke von etwa 0,5 Z. par. Linien, bei e und e aber von etwa 1 Zoll. Diese Kugel hat ein Mundstück bei M, welches mit einer männlichen Schraube versehen ist. Die Oeffnung ist mit einem Kegelventil v geschlossen, welches durch eine Feder in die entsprechend kegelförmig gemachte Oeffnung gedrückt wird. Enthält der Behälter B erst verdichtete Luft, so drückt diese selbst das Ventil v fest in die Mündung. Das Ventil muß übrigens genau eingeschliffen sein, wird wohl auch noch mit einer feinen Lederkappe überzogen, damit es ja nichts von der in B befindlichen Luft heraus läßt. 2) Der Stiefel SL, gleichfalls von Eisen, hat an seinem untern Ende eine weibliche Schraube, in welche die männliche Schraube des Behälters gedreht wird; die Schraube muß von bedeutender Stärke sein und genau schließen. Im Stiefel bewegt sich der Kolben, und wenn dieser in die Höhe gezogen ist, so muß er grade über die Oeffnung o im Stiefel zu stehen kommen. 3) Der Kolben K besteht aus einzelnen Scheiben Sohlleder, welche zwischen zwei eisernen Scheiben festgeschroben und so abgedreht sind, daß sie ganz genau in die Röhre des Stiefels passen. Man pflegt die ledernen Scheiben erst mit warmem Wasser zu durchnässen, und dann mit Pomade aus Oel und Wachs zu tränken, damit der Kolben desto genauer in den Stiefel paßt und keine Luft zwischen ihm und den Seitenwänden des Stiefels durchdringen kann. Der Kolben sitzt auf der eisernen Stange AD, welche bei A mit einer Handhabe versehen ist. Das Verfahren ist nun folgendes. Man zieht den Kolben in die Höhe nnd stößt ihn sodann herab, dadurch wird die im Stiefel befindliche Luft zu der Luft in der Kugel gepreßt. Durch den Druck von oben hat nämlich das Ventil v nachgegeben und die Luft aus dem Stiefel in den Behälter B gelassen. Zieht man nun den Kolben wieder nach oben, so wird das Ventil v durch die verdichtete Luft so fest in die Mündung der Kugel gedrückt, daß keine Luft aus der Kugel entweichen kann. Durch das Zurückziehen des Kolbens würde aber im Stiefel ein luftleerer Raum entstehen, wenn nicht sogleich durch die Oeffnung o wieder Luft in den Stiefel träte. Die Luft im Stiefel wird durch ein zweites Herabstoßen des Kolbens wieder in den Behälter B gestoßen und dadurch die Luft in diesem verdichtet, und dieß geschieht so oft, als man den Kolben herabstößt. Noch ist zu bemerken, daß die Verdichtung desto weiter getrieben werden kann, je enger man die Pumpe macht, daher gibt man ihr nur eine Weite von etwa 0,5 Z. Die

Digitized by Google

Dichte der im Behälter befindlichen Luft läßt sich sehr leicht berechnen. Ist der Inhalt des Behälters B = b, der Inhalt des Stiefels von dem Ventil v bis o = b′, so enthält nach dem ersten Stoße das Gefäß b + b′ Masse Luft von der gewöhnlichen Dichte; beim zweiten Stoße, wodurch noch ein b′ hinzu kommt b + 2b′; nach dem dritten b + 3b′ u. s. f., im Allgemeinen nach dem 2ten Stoße b + nb′; die Dichte (d) ist also diesem Gehalte an Luft dividirt durch den kubischen Inhalt des Behälters gleich; d. h.

$$d = \frac{b + nb'}{b}.$$

Die eben beschriebene Vorrichtung hat nur den Nachtheil, daß man nicht gut Körper, auf die man die Wirkung der zusammengepreßten Luft beobachten will, in den Behälter bringen, noch weniger ihr Verhalten in ihm beobachten kann. Ein Apparat von Haas und Hurter empfiehlt sich sehr zu diesem Zwecke, doch wird er einen so starken Druck, wie der vorhergehende, nicht auszuhalten im Stande sein. Fig. 163. stellt ihn vor. Zwischen den beiden Säulen S und S, auf dem Tischchen T befindet sich ein- ganz eben geschliffener metallener Teller, und auf diesem steht die Glasglocke G, welche oben und unten genau eben geschliffen sein muß, damit sie sowohl an den Metallteller, als auch an ein auf ihre obere Oeffnung gelegtes Metallstück luftdicht schließt; zu dem Endzweck pflegt man ihre Ränder mit etwas Pomade zu bestreichen. Durch das Metallstück, welches die obere Oeffnung der Glasglocke schließt, geht ein Draht DH in einer Lederbüchse luftdicht beweglich hindurch. Auf dem Metallstücke ruht nun der (zu Durchlassung des Drahtes durchbohrte) Querbalken B, der bei NN Oeffnungen hat, durch welche die schraubenförmig abgedrehten Enden der Säulen S, S gehen. Durch Schraubenmuttern bei N, N wird nun der Querbalken B stark angezogen und so die Glasglocke luftdicht festgedrückt. Der Draht DH ist dazu bestimmt; an sein unteres hakenförmig umgebogenes Ende beliebige Gegenstände, die man dem verstärkten Drucke der Luft aussetzen will, zu befestigen. Aus der Mitte des Metalltellers führt nach der Pumpe P ein Canal; die Pumpe ist mit einem Blasenventile versehen, und übrigens ist die Beschaffenheit des Kolbens und die Bestimmung der kleinen Oeffnung bei o dieselbe, wie die bei der vorher beschriebenen Compressionsmaschine. Mit dem Canale von dem Teller nach der Pumpe steht das messingene Stück V in Verbindung, in welches eine starke Glasröhre eingekittet ist. Diese Glasröhre liegt auf einer auf Elfenbein verzeichneten Scale, und enthält eine bis zum Nullpunkte der Scale reichende Quecksilbersäule. Je dichter nun die Luft unter der Glocke wird, desto mehr drückt diese gegen das Quecksilber in die Röhre, und aus dem verringerten Raume, den die Luft in der Röhre einnimmt, schließt man auf den Grad der Verdichtung. Diese letzte Vorrichtung heißt daher der Compressionsmesser. Will man die durch Gebrauch der Pumpe verdichtete Luft aus der Glocke entlassen, so öffnet man die Schraube Z, welche eine mit dem Canal in Verbindung stehende Oeffnung verschließt. Will man sich gegen mög-

Digitized by Google

liches Zerspringen der Glasglocke sicher stellen, so kann man dieselbe mit einem Metallnetz umgeben.

Noch bequemer für manche Zwecke ist die von Embcke beschriebene Maschine Repsold's, namentlich wo es darauf ankommt, tropfbare Flüssigkeiten zusammenzudrücken. Fig. 164. stellt diese Maschine vor. DM ist ein Dom von getriebenem Kupfer, für welchen man einen gläsernen Cylinder nehmen kann, wenn es darauf ankommt, daß die in seinem Innern durch die Compression vorgehende Veränderung gesehen werde. Dieser Cylinder ist auf eine Metallplatte bei D luftdicht aufgeschroben. Bei V hat er ein Ventil, welches mit einem Arme versehen ist, an dem ein Gewicht nach Eintheilungen gestellt werden kann, so daß man damit den Druck nach Atmosphären steigern kann; denn übersteigt der Druck denjenigen Grad, auf welchem das Ventil gestellt ist, so wird dieses sich öffnen. Unter den Cylinder werden die Gegenstände gesetzt, auf welche man den Druck der expansiblen oder tropfbaren Flüssigkeit wirken lassen will. Die Pumpe P, so wie die ganze übrige Maschine ist ähnlich wie die vorerwähnte eingerichtet, nur befindet sich noch bei m ein Hahn, und bei c eine durch ein Ventil verschlossene Zuleitung, durch welche man die zu verdichtende Flüssigkeit in den Canal und durch diesen unter den Cylinder bringen kann. Dafür hat der Pumpenstiefel P keine Oeffnung wie o in Fig. 163. Der Hebel AB dient nur, die Arbeit des Pumpens leichter verrichten zu können.

Besonderer Vorrichtungen hat man sich bedient, um zu untersuchen, ob überhaupt und in welchem Grade das Wasser elastisch sei. Diese Apparate werden in dem Art. Elasticität näher beschrieben werden.

Condensator (lat., Verdichter) der Electricität heißt ein Instrument, welches dazu dient, schwache Elektricitäten zu entdecken, welche mittelst eines Elektroskops (s. d. Art.) nicht mehr entdeckt werden können. Es wurde 1783 von Volta zuerst bekannt gemacht. Den Namen Condensator hat dieses Instrument deßwegen erhalten, weil es die ihm von unmerklich elektrischen Körpern zu fließende Elektricität verdichtet und dadurch bemerkbar macht.

Zum Verständniß des Wesens dieses Instrumentes dienen folgende vorläufige Betrachtungen von Biot.

Wenn ein isolirter und im natürlichen Zustande befindlicher Leiter A mit einem System elektrisirter Leiter oder einer dauernden Quelle von Elektricität in Berührung gebracht wird, so ladet er sich mit einer bestimmten Menge El.; nähert man ihm aber während dessen einen andern im natürlichen Zustande befindlichen Körper C, der mit der Erde in leitender Verbindung steht, so wird die Gegenwart desselben bewirken, daß er eine weit stärkere Ladung annimmt. Die El. nämlich, mit welcher sich A anfänglich bedeckt hatte, wirkt bei Annäherung von B vertheilend auf dessen verbundene Elektricitäten, treibt die gleichnamige in den Boden zurück, zieht die ungleichnamige an und hält sie fest; oder bindet sie an der, A zunächst befindlichen, Oberfläche von A. Aber in Folge eben dieser Anziehung wird das Gleichgewicht in dem System

Digitized by Google

von Leitern, mit welchen A in Verbindung steht, aufgehoben. Eine neue Quantität freier Flüssigkeit (wenn man nämlich die Elektricität einer Flüssigkeit vergleicht) strömt also nach A hin, welche eine neue Zersetzung von Flüssigkeit auf B zur Folge hat, und dieß so fort, bis die auf A angehäufte Flüssigkeit sich im Gleichgewichte zwischen der Abstoßungskraft, die sie auf sich selbst ausübt, und der Anziehungskraft, mit der die Flüssigkeit in B sie zurückzuhalten strebt, befindet. Alle diese Erscheinungen, welche die Theorie voraus bestimmt, finden sich durch die Erfahrung bestätigt.

Man ertheile den großen Conductoren der Maschine eine schwache Elektricität, nehme darauf eine Metallplatte A (Fig. 165.), hänge sie mit ihrem Haken C an einem Glasstabe M auf, um sie isolirt halten zu können, und bringe so ihren Haken mit den Conductoren in Berührung. Die Platte nimmt hierbei eine kleine Quantität Elektricität auf, welche, nach Entfernung der Platte vom Conductor, den Holundermarkkugeln eines isolirten, aus zwei leinenen an einen Kupferstiel aufgehangenen, Faden bestehenden Elektroskops, einen gewissen Grad der Divergenz zu ertheilen vermag.

Nach dieser Operation haben die Conductoren eine so geringe Quantität El. verloren, daß man sie noch für fast eben so stark als zuvor geladen, halten kann; und man wiederholt jetzt die Berührung nach voriger Art, aber so, daß man zugleich unter der isolirten Platte A eine andere Platte B hält, welche mit dem gemeinschaftlichen Behälter der El. in leitender Verbindung steht (Fig. 166.), und zwar wird B so lange hingehalten, bis die Berührung der ersten Platte A mit den Conductoren wieder aufgehoben ist. A wird nun eine weit stärkere El. erlangt haben, als das erstemal, wie man sich überzeugen kann, indem man sie abermals dem Elektroskop darbietet. Es versteht sich, daß man A von den Conductoren noch unter dem Einflusse von B zurückziehen muß; denn zöge man B eher weg, so würde die in A angehäufte Flüssigkeit sogleich in das System der Leiter zurückkehren, um sich wieder in ihr voriges Gleichgewicht zu setzen.

Stellt man diesen Versuch so an, daß man die Platte A erst ganz entfernt von A hält, dann allmählig immer mehr nähert, endlich ganz nahe bringt, so findet man, daß die Ladung von A immer stärker wird. Auch muß dieß der Theorie nach so sein; denn die gegenseitige Anziehung der El. von B und von A muß in dem Maße zunehmen, als die Entfernung zwischen beiden Platten abnimmt; und das Maximum der Ladung würde mithin in dem Falle Statt haben, wo die Entfernung zwischen beiden Platten vollkommen Null wäre. Da man sie jedoch einander nicht so weit nähern kann, ohne einen Funken durch die sie trennende Luftschicht hervorzulocken, so bringt man zwischen sie einen ganz dünnen Körper, welcher der El. schwer den Durchgang verstattet, an, z. B. eine Glasplatte, ein Stück Wachstaffet, oder eine dünne Harz- oder Firnißschicht. Unter Beobachtung dieser Vorsichtsmaßregel kann man die Entfernung beider Platten fast bis zu beliebigem Grade vermindern. Die Instrumente, welche eine solche Einrichtung haben, führen den Namen **Condensatoren**.

Digitized by Google

Die früheste und einfachste Construction dieses Instrumentes ist folgende: A (Fig. 167.) ist eine marmorne runde Platte, auf der eine metallene isolirte Scheibe, der Deckel oder Teller B (Collector (lat., Sammler) steht, welcher mittelst einer gefirnißten gläsernen Handhabe C abgehoben werden kann. Zu der Scheibe A kann statt des Marmors (der aber rein, weiß und trocken sein muß, indem der bunte nach Volta weniger brauchbar ist) jeder andere Halbleiter der Elektricität genommen werden, Alabaster, Achat, Calcedon, stark getrocknetes Elfenbein, Schildplatt, mit Leinöl getränktes oder beinahe bis zum Rösten im Backofen erhitztes und gefirnißtes Holz, trockenes Leder, Pergament, Papier u. s. w. Volta setzte solche Platten, welche die Basis des Condensators ausmachen, auf Unterlagen, durch die sie mit der Erde in vollkommen leitender Verbindung standen. Doch meinte Volta, daß man statt der angegebenen Halbleiter der Elektricität auch vollkommen elektrische oder isolirende Körper gebrauchen könne, sobald nur ein guter Leiter als Unterlage sie mit dem Erdboden in Verbindung setze. Beim Deckel kommt es vorzüglich darauf an, daß er vollkommen abgerundet sei und gar keine Ecken und scharfe Kanten darbiete, seine untere Fläche muß ganz eben sein, damit sie genau an die Oberfläche der unteren Platte schließe.

Volta belegte auch nur eine kleine Marmorplatte, die recht eben war, überall mit Stanniol, nur ihre untere Fläche ließ er frei, oder er überzog eben so eine recht ebene Holzplatte mit Ausnahme der unteren Fläche mit Stanniol, diese aber mit Siegellack, oder Firniß, oder mit einer dünnen Lage Taffent. Setzte er eine solche Platte mit der nicht mit Stanniol belegten Seite auf irgend einen ebenen mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Körper, so hatte er einen vollkommenen Condensator.

Die jetzt gewöhnliche Vorrichtung ist, man nimmt zwei gleiche, vollkommen ebene Metallscheiben und überzieht eine Ebene von jeder mit einer dünnen ganz gleichmäßig zu vertheilenden Firnißschicht (Pfaff empfiehlt vorzüglich hierzu den Bernsteinfirniß, da er sich weniger leicht als andere Firnisse abreibt und sehr gut isolirt). Nur eine der beiden Platten mit Firniß zu überziehen ist darum nicht räthlich, weil dann durch das Aufeinanderlegen der Platten auf einander Elektricität erzeugt werden kann (in der Art wie beim Elektrophor), diese aber von störendem Einflusse wäre, so daß man bei einem solchen Condensator nie auf Richtigkeit der Angaben rechnen könne. Sind beide Platten mit Firniß überzogen, so wird durch Aufeinanderlegen und Druck keine Elektricität erzeugt. Sollte die Firnißschicht auf den Platten nicht ganz gleichförmig vertheilt sein, so kann man sie durch vorsichtiges Abreiben der Platten an einander gleichförmig und so dünn, als man will machen. — Statt der Firnißschicht zwischen den beiden Platten kann man, wie zuerst Lichtenberg vorschlug, eine dünne Luftschicht anbringen. Dieß geschieht in der Art, daß man auf die untere Platte drei kleine Tropfen Siegellack oder Glas bringt, so daß sie ungefähr die Winkelpunkte eines gleichseitigen Dreiecks bilden, und dem Deckel zu Stützpunkten dienen, daher, wenn er aufgesetzt wird, zwischen ihm und der untern Platte

Digitized by Google

eine dünne Luftschicht, von der Höhe der Siegellacktropfen, zu liegen kommt. Die obere der beiden Platten A bekommt einen kleinen metallenen Knopf a (Fig. 168.) und eine gläserne überfirnißte Handhabe M; die untere Platte B steht auf einem Fuße von Metall. — Oft werden, wie Fig. 169. zeigt, beide Platten auf einem Gestelle einander gegenübergestellt, der zu b gehörige Träger ist aus Glas, der zu a gehörige aus Metall. Mittelst einer Schraube lassen sich die beiden Platten einander nähern und von einander entfernen; a kann man auch ganz wenden und umlegen. — Man pflegt sehr häufig den Condensator mit einem Elektroskop in Verbindung zu setzen, dann steht wie Fig. 170. zeigt, die Platte a auf dem Glase g und steht in Verbindung mit dem Elektroskope c; a ist auf der Seite mit einem kleinen metallenen Knopfe versehen, um die auf Elektricität zu untersuchenden Körper damit in Verbindung bringen zu können; b hat dagegen eine kleine gläserne Handhabe h, so daß man diesen Deckel isolirt abheben kann.

Das Verfahren nun ist folgendes. Hat man einen Condensator, welcher nicht mit einem Elektroskop in Verbindung steht (Fig. 168.), so legt man die Platten übereinander, berührt die untere A mit dem Finger, um sie mit dem Boden in leitende Verbindung zu bringen, und setzt dann die elektrisirten Körper mit dem Knopfe a, der an die obere Platte durch einen Metalldraht befestigt ist, in Berührung. Diese Berührung erhält man einige Secunden bis Eine Minute. Nachdem aber die Berührung aufgehoben worden, setzt man den Fuß des Condensators auf einen festen Tisch, und hebt, während man ihn fest gegen diesen gedrückt erhält, den Collector an dem isolirenden Handgriffe M ab, worauf man an einem Elektroskope die Elektricität, mit der er sich geladen hat, prüft. Bei Abhebung der oberen Platte von der unteren muß man dafür sorgen, daß dieß so geschehe, daß die beiden Platten fortwährend in allen ihren Punkten zugleich getrennt, und in gleichen Abständen gehalten werden. Wenn man sie in einer schiefen Richtung, so daß die obere Platte gegen die untere geneigt wäre, von einander trennte, so würde sich die Elektricität des Deckels in dem nach unten gesenkten Rande anhäufen, es würde leicht ein Funke entstehen, der die Firnißschicht durchdränge und den Condensator entladete. Deßwegen muß auch der Fuß des Instrumentes während der Abhebung des Collectors fest auf den Tisch gehalten werden, weil sonst die Adhäsion der beiden Platten an einander leicht bewirkt, daß sie beim Abheben schief übereinander hingleiten. Auch muß man sich hüten, den auf Elektricität zu prüfenden Körper zu lange mit dem Instrumente in Berührung zu erhalten, weil bei einer zu starken Ladung ebenfalls eine Entladung des Instrumentes erfolgen würde, indem die dünnen Firnißschichten, welche die Platten trennen, nur einen gewissen Grad von Widerstand zu leisten vermögen, dann aber, wie sonst durch die Luft, durch einen zwischen den Platten überspringenden Funken eine Entladung des Instrumentes geschieht. Da man sich des Condensators nur zur Bemerkbarmachung sehr geringer Elektricitäten bedient, so ist es unnütz, einen Condensator für stärkere Elektricitäten herzustellen, den man übrigens leicht erhalten könnte, wenn man die isolirende Schicht zwischen

Digitized by Google

den Platten verstärkte, etwa eine Glasplatte dazu benutzte. Biot bemerkt in Bezug auf den Condensator mit der Glasplatte, daß wenn dessen Platten nicht stark gefirnißt sind, der größte Theil der angehäuften Elektricität über das Glas sich verbreitet und daran haften bleibt, so daß sie beim Abheben des Collectors diesem nicht folgt. Man kann diesem Uebelstande dadurch abhelfen, daß man auf der Oberfläche jeder Platte eine dünne Glasscheibe befestigt, welche die Elektricität hindert, diese Oberfläche zu verlassen. Damit jedoch starke Ladungen zurückgehalten werden können, muß man Entladungen nach den Seiten verhindern, indem man den Glasscheiben einen größeren Durchmesser als den Platten gibt, und den Theil ihrer Oberfläche, der über den Platten vorsteht, mit einer starken Schicht eines gut isolirenden Firnisses überzieht.

Den Hergang in den Platten, auf dem die Brauchbarkeit des Condensators beruht, so wie die Art und die Grenze der durch den Collector bewirkten Anhäufung setzt Biot folgendermaßen auseinander, wobei zu bemerken ist, daß das negative Zeichen — nichts weiter zu bedeuten hat, als daß die damit bezeichnete Elektricität die entgegengesetzte derjenigen sei, welche durch einen Buchstaben ohne dieses Zeichen angedeutet ist.

Die Elektricität A, welche in den Collector gebracht worden ist, bindet aus der Ferne einen Theil entgegengesetzter El. — B in der untern, mit dem Boden in Verbindung stehenden Platte, und hindert sie, zu entweichen. Diese dagegen für ihr Theil bindet gleichfalls einen Theil A′ der El. des Collectors und raubt ihm seine Expansivkraft. Der Collector befindet sich also ganz in demselben Falle, als wenn er bloß A — A′ freie El. besäße; er muß demzufolge fortfahren, sich zu laden, bis diese Quantität (A — A′) derjenigen gleich ist, welche er den Leitern, mit denen er in Verbindung stehet, unmittelbar entzogen haben würde, wenn er allein, außer dem Einflusse der untern Platte, mit ihnen in Berührung gebracht worden wäre. Das Verhältniß von A zu — B und von — B zu A′ hängt von dem mehr oder minder beträchtlichen Abstand ab, der zwischen den Platten stattfindet. In jedem Falle aber muß — B, ohne Rücksicht auf sein Vorzeichen, schwächer sein als A, so daß, wenn A positiv und B negativ ist, beide mit einander in Berührung gebracht, einen Ueberschuß positiver El. geben müssen. Denn die Anziehung der Theilchen von + A gegen — B muß in der Entfernung geringer sein, als in der unmittelbaren Berührung; da sie nun durch die isolirende Schicht hindurch — B binden und ihm seine natürliche Expansivkraft rauben, so müssen sie durch ihre Zahl das ersetzen, was ihnen an der Stärke der Wirkung abgeht. Wir werden mithin immer B als einen Bruch von A auszudrücken haben. Um von einer festen Vorstellung auszugehen, wollen wir z. B. B gleich $\frac{99}{100}$ von A annehmen und den Folgerungen aus dieser Voraussetzung nachgehen.

Eben so wie + A durch die Dicke der isolirenden Schicht hindurch — B bindet, so gibt es umgekehrt in A einen Theil A′, der von — B gebunden wird; und da — B ganz unter denselben Umständen als + A wirkt, so wird es auch eine, zu ihm in demselben Verhältnisse stehende, Quantität El. binden müssen; d. i. $\frac{99}{100}$ B. A′ also wird gleich $\frac{99}{100}$

von B sein; und da B selbst gleich $\frac{99}{100}$ von A ist, so folgt, daß A' gleich $\frac{99}{100} \times \frac{99}{100}$ von A, d. i. $\frac{9801}{10000}$ A sein wird. Der Ueberschuß von A über A', der den auf dem Collector frei gebliebenen Antheil El. ausdrückt, wird also A — $\frac{9801}{10000}$ A d. i. $\frac{199}{10000}$ A sein; ein Bruch, der fast genau gleich $\frac{1}{50}$ A ist, mithin wird diese Platte fortfahren müssen, sich mit Elektricität zu laden, bis der 50ste Theil ihrer Ladung der Quantität gleich kommt, die sie von selbst den nämlichen Leitern entziehen würde, wenn man sie denselben allein und ohne den Einfluß der unteren Platte darböte. Unter diesem Einflusse also wird ihre Ladung 50mal so stark erfolgen, als wenn sie für sich geladen würde.

Aus der Herleitung, von welcher wir hier Gebrauch gemacht haben, ergibt sich, daß im Allgemeinen die condensirende Kraft des Instruments von dem Bruch abhängt, der das Verhältniß, in dem sich die Elektricitäten auf seinen beiden Oberflächen wechselseitig aus der Ferne binden, ausdrückt. Je näher dieser Bruch der Einheit kommt, um so mehr werden die Elektricitätsmengen, welche sich durch die isolirende Schicht zu binden vermögen, sich der Gleichheit nähren, und um so weniger wird der Ueberschuß frei bleibender Elektricität auf dem Collector betragen. Das Verhältniß dieses Ueberschusses zur ganzen Ladung des Condensators wird sich immer, wie in dem vorigen Beispiele, berechnen lassen; und kehrt man dieß Verhältniß um, so wird man das Maß der Condensation haben. Dieß setzt eine Kenntniß vom Werthe des Bruches voraus, der das Bindungsverhältniß beider Platten ausdrückt. Hierzu läßt sich durch die Erfahrung gelangen. Zu diesem Zweck isolire man das Instrument und lade seinen Collector mit irgend einer Quantität El., während die untere Platte mit dem Boden in leitender Verbindung steht. Darauf unterbreche man diese Verbindung, und hebe die Platten, während sie so isolirt sind, genau parallel mit einander, zugleich mit ihren isolirenden Schichten, von einander ab, indem man sie an ihren gläsernen Handhaben faßt. Darauf bringe man das Prüfungsscheibchen auf jede derselben an einen ähnlich gelegenen Punkt, z. B. an ihren Umkreis, und messe mit der Drehwage die Ladungen, die das Scheibchen von der einen, wie von der andern Platte aufgenommen hat. S. d. Art. Elektrometer. Sie werden den Dicken der elektrischen Schichten an den Berührungspunkten proportional sein, mithin auch den Totalquantitäten von El. in beiden Platten, weil diese von gleicher Größe und die Berührungspunkte als ähnlich gelegen angenommen sind. Stellt nun die Ladung, welche das Prüfungsscheibchen vom Collector aufgenommen hat, A vor, so wird die, welche ihm durch die untere Platte ertheilt worden ist, — B vorstellen; und das Verhältniß letzterer zur erstern wird den Bruch geben, der das Verhältniß, in dem sich die Elektricitäten beider Platten binden, ausdrückt; woraus man denn durch Berechnung das Maß der condensirenden Kraft wird herleiten können. Diese Methode ist sicherer, als wenn man das Verhältniß der Condensirung direct auszumitteln sucht, was so geschehen könnte, daß man mittelst des Prüfungsscheibchens die Ladung vergliche, die der Collector von dem nämlichen Systeme von Leitern er-

Digitized by Google

hält, wenn er allein, und wenn er unter dem Einflusse der andern Platte ist. Denn zur Genauigkeit dieser Vergleichung wäre erforderlich, daß die Leiter in beiden Fällen genau denselben Grad der Ladung besäßen, wofür sich niemals stehen läßt.*).

Unangesehen die condensirende Kraft, welche durch die angegebenen Umstände bestimmt wird, hängt die absolute Wirkung eines Condensators noch von der absoluten Menge El. ab, welche der Collector den ihn ladenden elektrisirten Leitern entzieht, wenn er allein mit ihnen in Berührung gebracht würde. Nun muß, unter übrigens gleichen Umständen, diese Menge mit der Oberfläche des Collectors zunehmen. Condensatoren von größerem Durchmesser werden demnach mehr El. anhäufen, als solche von geringerem Durchmesser, und mithin auch bei ihrer Entladung stärkere Schläge ertheilen, womit die Erfahrung in Uebereinstimmung ist.

Dieses wechselseitige Binden, auf das wir unsere Rechnungen gegründet haben, kann durch folgenden Versuch wahrnehmbar gemacht werden. Man lade einen Condensator mit einer Glasplatte, während die untere Platte mit dem Boden in Verbindung steht, isolire darauf den ganzen Apparat und berühre jetzt erst die untere Platte; man wird keine El. daraus erhalten, zum Zeichen, daß alle darin vorhandene durch Binden zum Verschwinden gebracht ist. Man berühre nun die obere Platte, sie wird einen Funken geben, allein deshalb wird noch nicht alle ihre El. entwichen sein; sie wird vielmehr noch einen bedeu-

---

*) Kommt es indeß nicht auf eine sehr genaue Bestimmung der Condensationskraft eines Condensators an, so kann man diese leicht in folgender Art erhalten. Man bediene sich eines Goldblatt- oder Strohhalm-Elektrometers, welches mit einer Gradtheilung versehen ist, an der man die Abweichung der Goldblättchen ꝛc. absehen kann. Nun bringe man einen schwach elektrischen Körper erst unmittelbar an den Elektrometer und sehe, um wie viel Grade die Goldblättchen von einander gehen; darauf setze man denselben schwach elektrischen Körper in Verbindung mit dem Condensator, und den Collector desselben darauf mit dem Elektrometer. Jetzt werden die Goldblättchen viel stärker auseinander gehen, und gingen sie z. B. vorher um Einen, jetzt um zwanzig Grade aus einander, so verdichtete der Condensator um das zwanzigfache. Mit Hilfe mehrerer Elektrometer von ungleicher, in ihrem Verhältniß zu einander aber bekannter Empfindlichkeit, läßt sich eine größere Genauigkeit erzielen. Auch so kann man die condensirende Kraft eines Condensators bestimmen, daß man bei einer Volta'schen Säule untersucht, wie viele Plattenpaare übereinander geschichtet werden müssen, um, wenn das eine Ende der Säule mit dem Erdboden in Verbindung steht, mit dem andern Ende unmittelbar an einem Elektrometer ohne Hilfe des Condensators dieselbe Wirkung hervorzubringen, welche mit Hilfe des Condensators Ein Plattenpaar hervorbringt. So fand Pfaff, daß seine empfindlichsten Condensatoren eine 300mal verdichtende Kraft besaßen; denn erst 300 Plattenpaare einer Volta'schen Säule brachten ohne Condensator die Wirkung eines Plattenpaares mit Condensator hervor.

Digitized by Google

tenden Antheil davon zurück behalten. Auch dieser Antheil war also gebunden. Um ihn zur Wahrnehmung zu bringen, berühre man abermals die untere Platte. Dießmal wird sie einen Funken geben, weil nicht alle ihre El. mehr gebunden ist; denn ein Theil der El. im Collector, welche sie aus der Ferne band, ist ja entfernt worden. In Folge dieser neuen Berührung wird nun aber wieder ein neuer Theil der El. im Collector frei; dieser gibt also abermals einen Funken, und dieß abwechselnd so lange fort, bis beide Platten vollständig entladen sind. Es ist leicht, das Gesetz dieser Progression durch Rechnung nach dem constanten Verhältniß auszumitteln, welches zwischen den sich wechselseitig auf beiden Platten bindenden Elektricitätsmengen Statt findet. Es ergibt sich daraus, daß die erste Berührung mehr El. entzieht, als die zweite; diese mehr als die dritte u. s. f., so daß die ihr entzogenen Quantitäten eine abnehmende geometrische Progression befolgen, deren Exponent das Bindungsverhältniß ist. Berührt man beide Platten zu gleicher Zeit, so pflanzen sich die sämmtlichen Quantitäten El., die durch abwechselnde Berührung successiv aus beiden Platten hätten hervorgelockt werden können, in einem Augenblick durch die Organe hindurch fort, und der Condensator ist mit einem Schlage entladen.

Es ist oben (S. 414.) angeführt worden, daß in dem Condensator mit einer Glaszwischenlage und unbelegten Platten der größte Theil der angesammelten Elektricitäten nicht an der Oberfläche der Platten haften bleibt, sondern sich an die beiden Gegenflächen des Glases festhängt. Dann besteht die ganze Wirkung der Platten eigentlich bloß darin, eine frei leitende Verbindung zwischen den verschiedenen Punkten jeder der beiden Flächen dieser Glaslage zu bewerkstelligen, so daß die El. sich leicht über dieselben ausbreiten, und eben so im Augenblicke des Entladens von allen ihren Punkten zugleich entweichen kann. Daß dieß sich so verhalte, läßt sich leicht durch die Erfahrung nachweisen. Zu diesem Zwecke stelle man einen solchen Condensator, nachdem man ihn geladen hat, auf ein Isolatorium; hebe dann mittelst einer isolirenden Handhabe die obere Platte mit der Hand ab; sie wird bei der Berührung nur einen schwachen Funken geben und die Expansivkraft wird auf die andere Platte übergehen. Darauf hebe man auch die Glaslage ab, indem man sie an einer Ecke faßt, und berühre nun die untere Platte; sie wird auch einen, aber ebenfalls nur sehr schwachen Funken geben. Die angehäuften Elektricitäten müssen also an den beiden Flächen der Glasplatte hängen geblieben sein; und wirklich, wenn man sie wieder zwischen die beiden isolirten Platten legt, ohne einem Theile des Systems eine neue Quantität El. zu ertheilen, wird sich der Condensator von selbst fast eben so stark geladen wiederfinden, als das erste Mal. Oder auch, anstatt das Glas wieder zwischen beide Platten des Condensators zu bringen, lege man seine Hände unmittelbar auf die beiden Gegenflächen desselben auf, so daß es in einer großen Zahl von Punkten davon berührt wird; man wird einen Entladungsschlag fühlen, als wenn das Glas zwischen den Platten gelegen hätte, weil die Ausdehnung, in der es von den Händen berührt wird, vielen Punkten an beiden Oberflächen auf einmal sich zu entladen gestattet. Fährt man aber, anstatt die Glasflächen

Digitized by Google

mit ausgebreiteten Händen zu berühren, bloß mit den Fingerspitzen darüber hin, so wird man nur ein Knistern und eine, sich auf die berührten Punkte beschränkende, Entladung empfinden; auf jeden Fall wird keine allgemeine Entladung eintreten, und man nicht Gefahr laufen, sich starken Erschütterungen auszusetzen.

Steht der Condensator in Verbindung mit einem Elektrometer, so vertritt die untere Platte die Stelle des Collectors, und hiernach ändert sich die Art des Verfahrens beim Gebrauche desselben etwas ab. Man bringt nämlich nun den zu prüfenden Körper mit der unteren Platte in Berührung, an welcher daher auch (Fig. 170.) der kleine metallene Knopf angebracht ist, den Deckel aber bringt man durch Auflegung des Fingers in leitende Verbindung mit dem Erdboden. Darauf hebt man die Verbindung des elektrischen Körpers mit der unteren Platte auf (und zwar bedient man sich dabei eines Isolirstäbchens, nicht der Hand, um keine Ableitung zu geben), und hebt darauf den Deckel an der gläsernen Handhabe von der unteren Platte. So wie dieses geschieht wird sich die Wirkung der freiwerdenden Elektricität auf die Goldblättchen (oder Strohalme u. s. w.) des Elektrometers zeigen. Doch auch wenn die obere Platte mit dem elektrischen Körper in Berührung gestanden hätte und die untere Platte berührt worden wäre, wird sich die Gegenwart der Elektricität, nach Aufhebung der Verbindung der Basis und des Deckels, an dem Elektrometer zeigen, allein wie aus dem Vorigen begreiflich, etwas schwächer, und die freiwerdende Elektricität wird entgegengesetzter Art von der des elektrischen Körpers sein.

Die oben erwähnten Untersuchungen über die Stärke eines Condensators, so wie die meisten Versuche mit dem Condensator werden sich bequemer anstellen lassen, wenn derselbe in unmittelbarem Zusammenhange mit dem Elektrometer steht, also nicht erst bei jedem einzelnen Versuche mit ihm in Verbindung gesetzt zu werden braucht.

Kennt man die Verdichtungskraft des Condensators, dessen man sich bedient, so kann man nach der Beobachtung am Elektrometer auch die Elektricität des geprüften elektrischen Körpers bestimmen. Es kommt bei diesen Versuchen aber vorzüglich darauf an, daß der Condensator selbst nicht schon vor dem Versuche, also ehe er durch Mittheilung von einem elektrischen Körper Elektricität empfangen hat, elektrisch sei. Man muß ihn daher vor jedem neuen Versuche vollkommen entladen, welches dadurch geschieht, daß man beide Platten desselben zugleich an den leitenden Seiten mit den Fingern berührt, auch prüft man ihn an einem empfindlichen Elektrometer, auf daß er keine Wirkung äußern darf. Schon durch Abwischen und Reiben der Harzfläche kann dieselbe elektrisch gemacht werden, daher man mit diesem Instrumente sehr vorsichtig umgehen muß.

Man bemerkt durch den Condensator eigentlich nicht sehr geringe Mengen von Elektricität, sondern vielmehr nur Elektricität, die zwar in bedeutender Menge, aber von so geringer Spannung vorhanden ist, daß sie unmittelbar durch das Elektrometer nicht wahrgenommen werden kann. Diese erhält im Condensator eine bedeutendere Spannung. So wie man nun durch einen Condensator die Elektricität eines Kör-

Digitized by Google

pers, bei dem dieselbe einen geringen Grad von Spannung hat, bemerklich machen kann, so kann man, wenn in dem Collector eines Condensators selbst die Elektricität noch nicht diejenige Spannung erlangt hat, die nöthig ist, damit die Elektricität am Elektrometer bemerkt werden könne, diese durch einen zweiten Condensator mit kleineren Platten erlangen. Während man also oft die Elektricität eines Körpers noch nicht durch den einen Condensator bemerken kann, kann man es doch, wenn man den Collector dieses Condensators selbst wieder als zu prüfenden Körper mit dem Collector eines zweiten Condensators verbindet. Hierauf beruht die Construction des doppelten Condensators. Eine sehr brauchbare Einrichtung, die Cuthberson diesem Instrumente gegeben hat, beschreibt Pfaff sehr faßlich, wie folgt. Statt in horizontaler Lage, befinden sich hier die Platten bei ihrem Gebrauche in einer verticalen; aa und bb (Fig. 169.) sind Messingscheiben von ungefähr 8 Zoll Durchmesser. Die Platte bb ist an die mit einer Hülse versehene Kugel von Messing e angeschraubt und wird von einem Glasstabe c getragen, dessen unteres Ende in dem hölzernen Fuße d befestigt ist. Die andere Platte aa wird von der Messingstange f, die unten mit einem Charnier und oben mit einer Kugel, an welche die Platte angeschraubt, versehen ist, in paralleler Lage mit bb erhalten. Mittelst des Charniers läßt sich diese Platte aa zurücklegen in die Lage, wie die punktirten Linien ug bezeichnen. Ein hervorragendes Stück am Charnier hält die Platte auf, wenn sie in die gehörige Lage parallel mit bb gekommen ist, und erhält sie in ihr. Auf der Kugel e befindet sich eine Mutterschraube, in welche sich drei Stücke für drei Hauptversuche, die man mit dem Condensator anstellen will, einschrauben lassen, ein kleiner messingener Becher, ein mit Stanniol überzogenes Stäbchen für die Luftelektricität und ein Messingdraht, der mit einem Gelenk versehen und bestimmt ist, die Condensatorplatte mit der Platte einer Volta'schen Säule in leitende Verbindung zu setzen. Zur größeren Bequemlichkeit bedient man sich eines gewöhnlichen Goldblattelektrometers (Fig. 171.), woran der kleine Condensator angebracht ist, dessen Scheiben 1'' 5 im Durchmesser haben, deren eine an die messingene Deckplatte des Elektrometers angeschraubt ist, die andere an einen Messingstab, welcher unten auf gleiche Weise, wie am größern Condensator, mit einem Charniere versehen ist, um die Scheibe niederlegen zu können, und auf dem Fuße des Elektrometers festsitzt. Beide Instrumente lassen sich einzeln und in Verbindung mit einander gebrauchen. Erfordert der Versuch (wenn nämlich der einzelne Condensator keinen merklichen Ausschlag gibt) beide Condensatoren, so werden sie mit einander verbunden. Die feste Platte bb des größern Condensators muß zu dem Ende an der Seite mit einem Messingstifte a versehen sein, der in ein Loch am Rande der Collectorplatte bb des kleinen Condensators gut paßt. Will man z. B. die Elektricität, die durch einen mit Luftentwicklung verbundenen chemischen Proceß erregt wird, untersuchen, so schraubt man das Schälchen auf die Kugel des großen Condensators und setzt in dasselbe eine Glas- oder Porcellanschale mit den Materien, welche jene Luftentwicklung geben sollen, z. B. Kreide und verdünnte

Digitized by Google

Schwefelsäure, und verbindet darauf beide Condensatoren. Hat das Aufbrausen begonnen, so schlägt man die bewegliche Platte aa des großen Condensators in die punktirte Lage zurück, und wenn viel Elektricität erzeugt ist, so divergiren jetzt schon die Goldblättchen; wo nicht, so schlägt man nun auch die eine Platte des kleinen Condensators zurück, wo unfehlbar in obigem Falle Spuren von Elektricität sich zeigen werden.

Ein Condensator mit zwei Deckeln statt der bisher erwähnten mit Einem Deckel ist das unter dem Namen Collector (lat., Elektricitäts-Sammler) von Cavallo im J. 1788 der Societät der Wissenschaften zu London vorgelegte Instrument, welches auch mit dem Volta'schen Condensator ganz einerlei Bestimmung hat. Vor diesem hat Cavallo's Instrument den Vortheil, daß es, wie gesagt, zwei Deckel hat, also, wenn es übrigens gleiche condensirende Kraft hat, doppelte Wirkung hervorbringt; dafür aber ist, seiner ganzen Beschaffenheit nach, nicht möglich, dasselbe so dauerhaft und brauchbar herzustellen, wie das Volta'sche Instrument. Pfaff gibt folgende Beschreibung:

Die beiden perspectivischen Zeichnungen (Fig. 172 und Fig. 173.) stellen das Instrument dar; die eine in dem Zustande, die Elektricität zu sammeln, die andere in dem Zustande, die gesammelte Elektricität bemerkbar zu machen. Die nämlichen Buchstaben bezeichnen dieselben Theile in beiden Figuren; abcd ist eine ebene Zinnplatte, 13″ lang und 8″ breit. An den kurzen Seitenrändern sind zwei zinnerne Röhren ad und bc angelöthet, die an beiden Enden offen sind; de und cf sind zwei Glasfüße, die mit Siegellack durch Hilfe der Wärme (nicht des Weingeistes, welches nur eine unvollkommene Isolirung gewährt) überzogen sind. Sie sind in die unteren Oeffnungen der zinnernen Röhren und ebenso in den hölzernen Untersatz der Maschine bei e und f eingekittet, dergestalt, daß die Zinnplatte durch die Glasröhren vertical getragen wird, und völlig isolirt ist; ghilqr und nopv sind zwei hölzerne Rahmen, welche an das hölzerne Bodenstück befestigt sind und durch Hilfe messingener Charniere k, m entweder parallel mit der zinnernen Platte gestellt, oder geöffnet und auf das Bodenstück gelegt werden können. Ueber die innere Seite der Rahmen wird von der Mitte ihrer Höhe, wo der untere Rand der Zinnplatte gegenübersteht, Stanniol x, y mit aller Sorgfalt aufgeklebt, daß er vollkommen eben anliege. Wenn die Rahmen vertical stehen, so berühren sie die Zinnplatte nicht, sondern stehen ungefähr 0″,2 davon ab. Sie sind auch etwas schmäler als die Zinnplatte, um die zinnernen Röhren ad, bc nicht zu berühren. In der Mitte des Obertheiles jedes Rahmens befindet sich ein kleines hölzernes Bret, s und t, mit einer messingenen Klammer, durch welche die Rahmen in der Höhe befestigt werden, und welche zugleich verhindert, daß sie der Zinnplatte nicht zu nahe kommen können. Man sieht leicht, daß wenn die Rahmen vertical gerichtet sind, die Flächen des Stanniols x, y gleichlaufend und parallel mit der Zinnplatte sind.

Wenn das Instrument gebraucht werden soll, so stellt man es auf einen Tisch oder einen andern bequemen Ort. Man stellt irgend ein empfindliches Elektrometer, wie das Bennet'sche oder Bohnenberger'sche,

Digitized by Google

daneben, und bringt es durch einen Metalldraht mit einer von den zinnernen Röhren ad, bc in leitende Verbindung. Man veranstaltet eine andere leitende Verbindung zwischen der Zinnplatte und dem Elektricitätsquell, dessen Elektricität man in der Zinnplatte abcd sammeln und verdichten will. Nachdem diese Verbindung nach den Umständen mehr oder weniger lange bestanden hat, hebt man die Verbindung auf, und legt die Seitenrahmen einen nach den andern nieder, worauf dann das Elektrometer durch die Divergenz der Goldblättchen, oder bei Anwendung des Bohnenberger'schen durch die Bewegung nach der einen oder andern Seite, Elektricität anzeigen wird, auch wenn ihre ursprüngliche Spannung noch so gering war, wenn nur ein hinlänglicher Vorrath von Elektricität von dem Elektricitätsquell aus, den man prüft, hinzuströmen konnte. Sollte jedoch die Zinnplatte des Collectors keine Elektricität durch das Elektrometer verrathen, so kann man einen kleinern Collector, nämlich einen solchen, dessen Zinnplatte ungefähr 4 Quadratzoll hat, mit der Zinnplatte des größeren, worin man zuvor auf die angegebene Weise die Elektricität angesammelt hat, in Berührung bringen, während bloß die Seitenrahmen des letzteren angelegt sind. Wenn alsdann der kleine Collector von dem größeren entfernt wird, seine Seitenrahmen nun erst niedergelegt werden, und seine Zinnplatte mit einem empfindlichen Elektrometer in Berührung kommt, so wird dieses dann in manchen Fällen noch deutliche Spuren von Elektricität verrathen, und eine am größeren Collector zwar nur sehr schwach wahrgenommene Elektricität wird jetzt sehr verstärkt erscheinen.

Aus dem Gesagten geht schon hervor, daß der Condensator vorzüglich in allen denjenigen Fällen seine Anwendung finden wird, wo Elektricität in Menge, aber von geringer Spannung vorhanden ist. Man braucht ihn daher namentlich zu Entdeckung der Elektricität der Atmosphäre, und man hat durch ihn entdeckt, daß die Luft fast stets elektrisch ist; man hat ferner entdeckt, daß schon bei Ausdünstung des Wassers Elektricität erzeugt werde, daß der menschliche Körper fortwährend elektrisch sei, daß durch die wechselseitige Berührung der Körper Elektricität erzeugt werde u. s. w. Von allen diesen Anwendungen ist in den betreffenden Artikeln die Rede.

Culmination (v. d. lat. culmen, Gipfel) eines Sternes nennt man die größte Höhe, welche derselbe bei seiner scheinbaren Bewegung um die Erde erlangt. Die Culmination der Gestirne fällt zusammen mit ihrem Durchgange durch den Meridian, weil sie in diesem stehend ihre höchste Höhe erreicht haben.

Die Zeit der Culmination der Sonne wird an jeder Sonnenuhr durch den Zeiger derselben angegeben. Denn man darf überhaupt nur von einem Punkte der Mittagslinie auf der Erde einen Faden lothrecht aufspannen (oder vielmehr überhaupt nur so, daß er ganz in der Ebene des Meridians liegt), so wird sein Schatten in dem Augenblicke, wo die Sonne culminirt, auf die Mittagslinie auf der Erde fallen. Um auf ähnliche Weise die Culmination der übrigen Gestirne zu beobachten, verbindet man zwei Punkte der Mittagslinie durch einen Faden, und

Digitized

spannt diesen zugleich über einen senkrecht über dem ersten (also in der Ebene des Meridians) liegenden Punkt. Das so erhaltene Fadendreieck liegt ganz in der Ebene des Meridians, und daher auch alle Sterne, welche das Auge in derselben Ebene liegend erblickt. Bringt man das Auge deßwegen in eine solche Stellung, daß der eine der beiden Theile des Fadens, welche zwei Seiten des besagten Fadendreieckes mit einander bilden (die dritte Seite des Dreiecks ist ein Theil der Mittagslinie), den andern Theil des Fadens vollkommen deckt, so weiß man, daß alle Sterne, welche von den Fäden geschnitten oder verdeckt werden, in dem Augenblicke der Beobachtung culminiren. Die Culmination der Sonne wird auch durch den Gnomon bestimmt, s. d. Art. Die Astronomen beobachten die Zeit der Culmination durch das Mittagsfernrohr, oder den zugleich zu Höhenmessungen dienenden Mittagskreis. Bei den Gestirnen, welche einen sichtbaren Durchmesser haben, beobachtet man den Augenblick, wo ihr Rand zuerst die Ebene des Meridians berührt, und wo sie mit dem entgegengesetzten Rande dieselbe verlassen; die Mitte zwischen beiden Zeiten ist die Zeit der Culmination des Gestirns.

Cyklus, Cirkel (a. d. griech. und lat. κύκλος und circulus, Kreis) ist ein chronologischer Ausdruck, unter dem ein aus einer bestimmten Anzahl von Jahren bestehender Zeitraum verstanden wird, nach dessen Verlauf gewisse Erscheinungen wieder in derselben Art eintreten, wie da jener Zeitraum das erstemal begann. Mehrere Cyklen werden von den Chronologen in eine Periode (griech., Zeitraum) zusammengefaßt.

Am meisten in der Ordnung der Natur begründet ist der Mondcyklus, welcher den Zeitraum enthält, nach Verlauf dessen die Mondphasen eben so wiederkehren, wie bei den vorhergehenden Mondcyklen. Dieser Mondcyklus wurde von dem griechischen Astronomen Meton (432 J. v. Chr. Geb.) auf 19 Jahre festgesetzt, und obgleich diese Bestimmung, wie spätere astronomische Beobachtungen gelehrt haben, nicht genau richtig ist (der Cyklus weicht um 1 St. 28 M. ab), so ist doch die Annahme des Mondcyklus zu 19 Jahren geblieben. Noch jetzt wird nämlich in unsern Kalendern die Zahl angegeben, welche bezeichnet, das wievielte Jahr des Mondcyklus ein jedes Jahr sei, und heißt diese Zahl die güldene Zahl. Man findet diese Zahl, wenn man zu der Jahrzahl unserer Zeitrechnung 1 hinzu addirt, und diese Summe mit 19 dividirt, der Rest ist die gesuchte güldene Zahl. Das Jahr, welches nach unserer Zeitrechnung das Jahr 1 nach Chr. Geb. heißt, war nämlich das zweite eines Mondcyklus; vom Beginn des Mondcyklus, in dem Christus geboren wurde, an gerechnet, ist also z. B. gegenwärtiges Jahr 1834 das 1835ste, und dividire ich hierein mit 19, so zeigt sich, daß 96 Mondcyklen seit Christi Geburt (vielmehr seit 1 v. Chr. Geb.) vergangen, und wir jetzt im 11ten Jahre des 97sten Mondcyklus stehen. Die Zahl 11 also ist die güldene Zahl des Jahres 1834. In einem Jahre, dessen güldene Zahl 1 ist (wie 1824 und wieder 1843) fällt der Neumond auf den 1. Jan. Wie man die

Digitized by Google

ersten Neumonde eines anderen der 19 Jahre des Cyklus bestimmt, darüber s. d. Art. Epakte.

Der Sonnencyklus umfaßt einen Zeitraum von 28 Jahren, nach Verlauf dessen nämlich dieselben Monatstage auf dieselben Wochentage fallen, so nämlich, daß in dem gleichvielten Jahre eines Sonnencyklus stets derselbe Wochentag Neujahr u. s. w. ist. Da 365 Tage = 7 . 52 + 1 oder 52 Wochen und 1 Tag betragen, so würde, wenn jedes Jahr 365 Tage lang wäre, schon nach 7 Jahren ein Sonnencyklus vollendet sein, indem jedes Jahr um einen Wochentag fortrückte. Alle 4 Jahr aber haben wir durch Einschaltung ein Jahr von 366 Tagen, deßwegen gehören 4 . 7, d. h. 28 Jahre zu einem Sonnencyklus. Dieß ist streng richtig nach dem Julianischen Kalender, da wir aber nach dem Gregorianischen Kalender nicht alle Säcularjahre zu Schaltjahren machen, indem die Einschaltung von regelmäßig 1 Tage aller 4 Jahre zu groß ist, so tritt für diesen Kalender bei denjenigen Säcularjahren, welche nicht Schaltjahre sind, eine Veränderung ein, so daß die Uebereinstimmung der Jahre von gleicher Zahl des Sonnencirkels gestört ist. — Da das Jahr 1 nach Chr. Geb. das 10te eines Sonnencyklus war, also seit Beginn des Sonnencyklus, in dem Christus geboren wurde, 9 Jahre verflossen waren, so ist das Jahr 1834 das 1834 + 9 oder 1843. Jahr seit Beginn jenes Sonnencyklus, und dividiren wir hierein mit 28, so finden wir, daß seitdem 65 Sonnencyklen vergangen sind, und wir folglich im 23sten Jahre des 66sten Sonnencyklus stehen.

Der Indictionencyklus ist ein Zeitraum von 15 Jahren und hat seinen Namen von d. lat. indictio (Ansagung), welches zu den Zeiten der römischen Kaiser die Bestimmung der Steuer und diese selbst bezeichnete, seine Länge aber vielleicht, weil alle 15 Jahre eine neue Schatzung war, wonach die Abgaben vertheilt wurden. Seit Constantin römischer Kaiser war, findet sich die Sitte, nach Jahren der Indictionen zu rechnen. Aus der gegebenen Erklärung aber sieht man auch warum die Jahrzahlen dieses Cyklus die Römer-Zins-Zahlen genannt werden. Wenn in so frühen Zeiten schon nach Indictionen gerechnet worden wäre, so würde Christus im 4ten Jahre eines Cyklus geboren sein, bis zu Anfang jenes Cyklus wären also 3 Jahre mehr, als seit Christi Geburt verflossen, jetzt also lebten wir im 1834+3ten = 1837ten Jahre seit jenem Zeitpunkte, so daß (mit 15 dividirt) 122 Indictionscyklen seitdem verflossen wären, und wir gegenwärtig im 7ten Jahre des 123 Indictionscyklus uns befänden. Die Römer-Zins-Zahl des Jahres 1834 also ist 7.

Cylinderspiegel heißen diejenigen Spiegel, deren spiegelnde Oberfläche die gekrümmte Seitenfläche eines Cylinders ist*). Die sich

*) Ein Cylinder ist nach der in die Elementargeometrie gehörigen Definition ein Körper, der entsteht, wenn man ein Rechteck um eine seiner Seiten als Axe herum bewegt; oder ein Körper, der begrenzt wird von zwei Kreisflächen als parallelen Grundflächen und einer gekrümmten Seitenfläche, welche die beiden Kreisflächen mit einander verbindet.

Digitized by Google

in einer Cylinderfläche ſpiegelnden Gegenſtände erſcheinen verzerrt, weßwegen man ſich der Cylinderſpiegel zu Anamorphoſen (ſ. d. Art.) bedienen kann, welches eine artige Spielerei gewährt. Es laſſen ſich mathematiſche Regeln geben, nach denen bei den Cylinderſpiegeln die nothwendige Verzerrung regelmäßig gezeichneter Bilder ſich beſtimmen läßt, und nach denen verzerrte Bilder gezeichnet werden können, welche dann, im Cylinderſpiegel betrachtet, regelmäßig erſcheinen. Brewſter gibt ein einfaches, in der Ausführung leichtes Verfahren an, wie ſolche verzerrte Bilder zu zeichnen ſind, die vor den Cylinderſpiegel gelegt, ein regelmäßiges Bild geben ſollen. Fig. 174.

MN ſei ein zinnerner, oder aus dicker Pappe genau gearbeiteter Cylinder. Von der entfernteren Fläche wird eine kleine Oeffnung abcd, und von der näheren Seite eine größere ABCD, welche die Größe der verzerrten Gemälde haben muß, ausgeſchnitten. Nachdem der Umriß des Gemäldes mit kleinen Löchern durchbohrt worden, bringt man es in die Oeffnung ABCD ſo, daß ſeine Oberfläche eine cylindriſche Geſtalt erhält. In S bringt man ein Licht oder einen hellen leuchtenden Gegenſtand an, je kleiner, um ſo beſſer; dieſer muß ſo weit hinter dem Gemälde ABCD liegen, als das Auge nachmals vor demſelben ſeine Lage erhält. Das Licht, welches durch die kleinen Oeffnungen hindurchdringt, wird auf einer horizontalen Fläche ein verzerrtes Bild des Gemäldes A′B′C′D′ entwerfen. Wird der Umriß von dieſem genommen und mit Farben illuminirt, ſo iſt das Bild zum Gebrauche fertig. Setzt man einen polirten cylindriſchen Spiegel von derſelben Größe an die Stelle von MN, ſo wird das verzerrte Gemälde (Fig. 175.), wenn es horizontal in A′B′C′D′ hingelegt wird, im Spiegel durch Zurückſtrahlung in ABCD geſehen, in ſeiner urſprünglichen, regelmäßigen Geſtalt erſcheinen. Es würde eine Verbeſſerung dieſes Verfahrens ſein, wenn in ABCD eine dünne, biegſame Platte von durchſichtigem Glimmer angebracht würde, auf welche man mit einer ſcharfen Spitze den Umriß der Figur eingeriſſen, oder auch dieſelbe mit Farben aufgetragen hätte. Das in A′B′C′D′ projicirte Bild dieſer Figur kann dann ſehr genau copirt werden.

Digitized by Google

D.

Dämmerung wird die Helligkeit genannt, welche vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang eintritt, und den Uebergang zwischen Nacht und Tag macht. Man unterscheidet hiernach Morgendämmerung und Abenddämmerung. Der Grund zu dieser Erscheinung ist die Zurückwerfung der Lichtstrahlen durch die oberen, noch von der Sonne erleuchteten Schichten der Atmosphäre, während auf die von der Dämmerung erhellten Gegenden der Erde keine Strahlen mehr direct von der Sonne gelangen. Daß aber eine solche Zurückwerfung des Lichtes durch die Luft wirklich stattfinde, sieht man schon daraus, daß Orte, z. B. Zimmer, in welche weder directes Sonnenlicht fällt, noch von andern Gegenständen als der Luft Licht geworfen wird, dennoch bei Tage erleuchtet sind.

Man muß ferner unterscheiden zwischen bürgerlicher und astronomischer Dämmerung. Die erstere ist diejenige, von der im gemeinen Leben die Rede ist, und ihr Eintritt und Ende sind nicht genauer bestimmt, sondern da es an den verschiedenen Orten nach der Beschaffenheit der Umgebungen früher oder später Tag wird und Tag bleibt, so tritt auch die Dämmerung hiernach früher oder später ein; doch gibt man als Grenze der Dämmerung die Zeit an, wenn die Sonne 6 bis $6\frac{1}{2}$ Grad unter dem Horizonte steht. Die astronomische Dämmerung dagegen hat ihre äußerste Grenze, wenn die Sonne 18 Grade unter dem Horizonte sich befindet, erreicht. Man denkt sich daher einen Kreis parallel mit dem Horizont 18 Gr. unter diesem gezogen, welcher der Dämmerungskreis heißt; sobald die Sonne diesen Kreis trifft, ist die Dämmerung zu Ende.

Die Dauer der astronomischen Dämmerung ist in den verschiedenen Gegenden und verschiedenen Jahreszeiten verschieden, weil die Sonne den Dämmerungskreis nicht gleich schnell erreicht. Nach Brandes ist unter dem Aequator, wenn die Sonne im Aequator steht, die Dauer der Dämmerung, oder die Zeit, in welcher 18 Grade durch den Meridian gehen, 1 Stunde 12 Min.; wenn die Sonne 23° 28′ Deklination hat, ist die Dämmerung unter dem Aequator am längsten, nämlich 1 St. 19 Min. Wenn die Sonne im Aequator steht, so ist in 50 Grad Breite die Dauer der Dämmerung 1 St. 55 Min., in 60 Gr. Breite 2 St. 32 Min. Am kürzesten Tage ist die Dauer der Dämmerung in 25 Grad Breite 1 St. 26 Min., in 50 Grad Breite 2 St. 6 Min., in 60 Grad Breite 2 St. 57 Min., in 70 Grad Breite dauert sie von der Zeit, da die Sonne, nicht mehr aufgehend, dem Horizonte am nächsten kommt, 5 St. 12 Min. Es wird auch in noch höheren Breiten, selbst im tiefsten Winter (wo fortwährende Nacht herrscht) die Zeit des Mittages sich durch etwas Helligkeit auszeichnen.

Die Dämmerung hört gar nicht auf, oder es treten die sogenannten hellen Nächte ein unter 49 Grad Breite am 10 Juni; unter

Digitized by Google

50 Grad Br. am 1. Juni; unter 52 Grad Br. am 20. Mai; unter 54 Grad Breite am 12. Mai; unter 60 Grad Breite am 22. April; unter 70 Grad Breite am 26. März; unter 80 Grad Breite am letzten Februar; und am Pole schon am 29. Januar.

Die kürzeste Dauer der Dämmerung ist für 50 Grade Polhöhe am 3. März und 11. October; unter 60 Grad Breite am letzten Februar und 13. October.

Für die bürgerliche Dämmerung lassen sich ähnliche Bestimmungen berechnen.

Die optische Erklärung der Dämmerung s. unt. Farbe des Himmels.

Dampf. Diejenigen ausdehnbarflüssigen Körper, welche aus dem tropfbarflüssigen Zustande durch die Wärme gebildet worden sind, und in diesem Aggregationszustande, ohne daß ein Theil derselben wieder in einen anderen Aggregationszustand übergeht, nur so lange beharren, als die Wärme oder der sie einschließende Raum nicht vermindert wird, heißen Dämpfe. Ueber den Unterschied, der zwischen Dämpfen, Dünsten und Gasen zu machen sei (s. d. Art. Flüssigkeit, expansible). Die Dämpfe werden unterschieden nach den Körpern, aus denen sie durch die Wärme erzeugt werden; man spricht also von Wasserdampf, Weingeistdampf, Schwefelätherdampf u. s. w. Unter allen diesen ist von der größten Wichtigkeit der Wasserdampf, weil man sich desselben vorzugsweise zum Beweger von Maschinen, der Dampfmaschinen, bedient hat.

Wenn man den ein gewisses Volumen einnehmenden Dampf zusammenpreßt, so wird er dadurch nicht immer mehr und mehr verdichtet, sondern er verwandelt sich zum Theil wieder in diejenige tropfbare Flüssigkeit, aus der er erzeugt worden, also z. B. Wasserdampf in Wasser. Eben so wirkt auch die Kälte auf den Dampf, indem derselbe, wenn er in ein Gefäß geleitet wird, welches mit einer kalten Materie, z. B. Eis oder kaltem Wasser, umgeben ist, sich wieder in tropfbare Flüssigkeit umwandelt. Dieses Umwandeln des Dampfes in tropfbare Flüssigkeit heißt Condensation (Verdichtung) des Dampfes. Wenn man die Existenz eines gewissen Wärmestoffes annimmt, so kann man die Dämpfe als Verbindungen dieses Wärmestoffes mit anderen Stoffen betrachten, ganz in der nämlichen Art, wie man z. B. sagt, daß sich Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser verbinden. Allein während alle Körper, wenn sie chemische Verbindungen eingehen, nur nach gewissen Zahlenverhältnissen sich mischen (s. Verbindung, chemische), nimmt der Dampf nach seiner Bildung noch fortwährend Wärme in allen Verhältnissen auf, ohne daß das Hinzukommen eines bestimmten Theiles der Flüssigkeit, aus der er gebildet wird, nöthig wäre; dabei dehnt er sich durch die hinzutretende Wärme in einem größeren Raume aus. Die Art, wie man sich nun von dem Vorgange der Dampfbildung eine Vorstellung zu machen sucht, ist nach J. T. Mayer, Dalton und La Place folgende. Man nimmt an, daß alle expansiblen Flüssig-

keiten aus den Moleculen (s. d. Art.), der durch die Wärme expandirten Körper bestehen und, daß diese Moleculen, jedes für sich, mit einer eigenen Wärmeatmosphäre umgeben seien; so würden sie auseinander gehalten, und hierin läge der Grund des expansiblen Aggregationszustandes. Um nun die Erscheinung zu erklären, daß einige expansible Flüssigkeiten leicht, andere schwer, manche bis jetzt noch gar nicht aus diesem expansiblen Zustande herausgebracht werden können, muß man annehmen, daß die Moleculen einiger Körper die Wärme fester halten als andere. Die Moleculen einiger Gasarten sollen auch kleiner sein als die anderer, so wie die Wärmeatmosphären derselben von verschiedener Größe sein sollen.

Fast alle Körper lassen sich mit Hilfe der Wärme (des Feuers) in den expansiblen Aggregationszustand versetzen. Diejenigen, welche von Natur tropfbar flüssig sind, oder durch Erwärmung in tropfbare Flüssigkeiten übergehen, lassen sich durch die Wärme auch in Dampf verwandeln. Einige Stoffe, besonders organische, werden indeß, ehe sie schmelzen und sieden, in ihre chemischen Bestandtheile zerlegt, weßwegen sie nicht Dämpfe bilden, sondern Gase. Der Wärmegrad, welcher angewandt werden muß, um die Körper in den expansiblen Aggregationszustand zu versetzen, ist bei den verschiedenen Körpern verschieden. So wird das Wasser schon bei 100° C. vollständig in Dampf verwandelt, während z. B. Platin, Gold u. a. nur im Knallgasgebläse (s. d. Art.) und im Brennraume großer Brennspiegel und Brenngläser, so wie durch den Funken der elektrischen Batterien verdampft werden. Es gibt bestimmte Gesetze für die Dichtigkeit der Dämpfe, von denen später die Rede sein wird. Wenn nun ein gewisser Raum so viel von einem Körper in Dampfform enthält, als er nach den erwähnten Gesetzen bei einer bestimmten Temperatur enthalten kann, so sagt man: der Dampf in jenem Raume sei im Zustande der Sättigung oder im Maximum (höchsten Grade) der Dichtigkeit; ist dagegen in einem bestimmten Raume noch nicht so viel in Dampf verwandelte Flüssigkeit, als dieser den erwähnten Gesetzen nach fassen könnte, so sagt man: der Dampf befinde sich unter dem Maximum der Dichtigkeit, oder unter dem, noch nicht im Zustande der Sättigung. Nur über den Dampf im Zustande der Sättigung können genauere Untersuchungen angestellt werden, und als in diesem Zustande befindlich wird er daher auch im Folgenden angenommen werden.

Obschon die Dampfbildung bereits bei einer gewissen niederen Temperatur beginnt (z. B. beim Wasser schon, wenn es noch in Eisform vorhanden), — welche Erscheinung Verdunstung (s. d. Art.) heißt, — so geschieht die Dampfbildung doch bei jeder Flüssigkeit in besonders merklicher Stärke bei einem bestimmten Grade der Temperatur, welcher der Siedepunkt der Flüssigkeit heißt. Merkwürdig ist es, daß man über diesen Siedepunkt hinaus, der bei jeder Flüssigkeit auf einen bestimmten Temperaturgrad fällt, die Flüssigkeit nicht weiter erhitzen kann, man müßte denn die Bildung des Dampfes dadurch gewaltsam hindern, daß man die Flüssigkeit in luftdicht verschlossenen Gefäßen einer ihren Siedepunkt übersteigenden Temperatur aussetzte. Auch der gebil-

Digitized by Google

dete Dampf nimmt nicht diejenige höhere Temperatur an, welche die bei seiner Erzeugung und Erhaltung von ihm absorbirte Quantität Wärme anzeigen würde. Die Wärmequantität, welche den expansibelflüssigen Zustand eines Stoffes bedingt, läßt sich daher nicht mittelst des Thermometers erkennen. Wenn eine gegebene Menge Wasser von 100° C. in Dampf von der nämlichen Temperatur verwandelt wird, so würde die Wärme, welche zu Hervorbringung dieser Umwandlung nöthig war, eine ungefähr 6mal so große Menge Wasser von 10° zu 100° Temperatur haben erheben können. Die Wärme, welche auf diese Weise vom Dampfe bei seiner Bildung absorbirt wird, wird gebundene oder latente Wärme (verborgene Wärme, weil man sie nicht mittelst des Thermometers wahrnimmt) genannt. Wird der Dampf wieder in tropfbarflüssigen Zustand umgewandelt, so entläßt er die von ihm absorbirte Wärme wieder, und man nennt dieß das Freiwerden, die Entbindung der Wärme.

Der Entdecker des wichtigen Gesetzes: daß bei jeder Veränderung des Aggregationszustandes*) eines Körpers eine gewisse Quantität Wärme gebunden oder frei wird, die bei verschiedenartigen Körpern verschieden ist, — war Black. Es ist nun Aufgabe der Physik, die bei der Dampfbildung der verschiedenen Körper absorbirt werdende Wärme ihrer Quantität nach zu bestimmen. Black schätzte die latente Wärme des Wasser nach einem Versuche, der keine Genauigkeit zuließ, auf 450° C. Er stellte nämlich ein Gefäß mit Wasser von 10° C. auf ein rothglühendes Eisenblech, und beobachtete nun, daß nach 4 Minuten das Wasser zu sieden begann, nach 20 Minuten aber vollständige Verdampfung eintrat. Während der ersten 4 Minuten hatte sich also die Temperatur des Wassers um 90° gehoben, weil sein Siedepunkt bei 100° C. liegt und seine anfängliche Temperatur 10° C. war. Black schloß hieraus, daß in 1 Minute die Temperatur um $\frac{90}{4}° = 22\frac{1}{2}°$ C. erhöht werde, und nimmt man nun an, daß in jeder Minute gleichviel Wärme absorbirt wurde, so wurden in den 20 Minuten vom Beginn der Dampfbildung bis zu Vollendung derselben $22°,5 \times 20 = 450°$ Wärme absorbirt. Diese 450° zeigte der Thermometer nicht an, sondern dieser gab nur 100°, und sie nannte Black latente Wärme. Warum dieser Versuch indeß ungenau war, ist leicht einzusehen, denn es wurde bei demselben von der unrichtigen Voraussetzung ausgegangen, daß die Wirkung des Feuers auf das mehr und mehr sich erhitzende Wasser fortwährend dieselbe sei; es wurde nicht bedacht, daß die Dampfbildung schon vor Erreichung des Siedepunktes eintrete u. s. w. Wenn man in dem Papinschen Digestor (s. d. Art.) Wasser bis zu einer Temperatur von 205° C. erhitzt, nnd dann plötzlich den Deckel des Digestor abhebt, so verwandelt sich augenblicklich ungefähr ein Fünftheil des Wassers in Dampf, und das zurückbleibende Wasser sinkt in demselben Au-

*) Auch bei der Verwandlung fester Körper in tropfbarflüssige wird Wärme absorbirt, und bei dem umgekehrten Prozesse entbunden.

genblicke auf 100° herab. Die verschwundenen 105° müssen durch den Dampf absorbirt sein, aber nicht bloß die 105°, die er selbst vorher als Wasser mehr hatte, sondern da auch die übrigen vier Fünftheile die frühere Temperatur verloren haben, so muß die bei der Dampfbildung absorbirte Wärme im Ganzen ungefähr 5 × 105 = 525° betragen. Genauere Versuche wurden von Watt in den J. 1765, 1781 und 1783, und von Southern und Creighton im J. 1803 angestellt. Hier wurde der Dampf durch Kälte verdichtet, indem er in Berührung mit Eis oder mit einer kalten Flüssigkeit gebracht wurde, bei der Condensation wurde die latente Wärme frei, und die Größe derselben ließ sich nun aus der Menge des geschmolzenen Eises oder der Temperaturerhöhung der kalten Flüssigkeit berechnen. Die Versuche der beiden letztgenannten wurden in der Art angestellt, daß aus einem Stiefel von bekanntem Inhalte eine bestimmte Menge Dampf von ungleicher Temperatur durch ein kupfernes Rohr in eine hölzerne Wanne mit Wasser gelassen, und aus der Erhöhung der Temperatur des Wassers die latente Wärme berechnet wurde.

Außer der latenten Wärme besitzt der Dampf noch eine freie auf den Thermometer wirkende Wärme. Nach den von Clément angestellten Versuchen findet nun zwischen dieser freien Wärme des Dampfes und der latenten Wärme desselben, das Verhältniß statt, daß ihre Summe jedesmal eine constante Zahl ist, d. h. daß bei jedem Druck und bei jeder Temperatur die freie Wärme des Dampfes addirt zu der gebundenen Wärme des Dampfes eine für jede einzelne Flüssigkeit bestimmbare Zahl gebe. Bei Wasser ist diese Zahl in Graden der hunderth. Scale 650, und hiernach läßt sich folgende Tafel aufstellen.

Freie Wärme des Dampfes.	Gesammtwärme des Dampfes.	Gebundene Wärme des Dampfes.
0°	650°	650°
100	650	550
200	650	450
400	650	250
600	650	50
650	650	0

Man sieht aus dieser Tafel, daß es einen Punkt der freien Wärme des Dampfes gibt, bei welchem seine latente Wärme = 0° würde, d. h. bei welcher er aufhören würde Dampf zu sein, und statt dessen sehr stark ausgedehntes Wasser wäre.

Andere Versuche wurden von Rumford angestellt. Er bediente sich nicht nur zu diesen Versuchen über den Dampf, sondern auch zu anderen Wärmemessungen eines Instrumentes, welches er Calorimeter (Wärmemesser) nannte. Dieses bestand in einem Kästchen A A (Fig. 176.) aus dünnem Kupfer oder aus Weißblech von 8 Zoll Länge, 4,5 Zoll Breite und eben so viel Höhe. In demselben befinden sich drei kreisförmige Oeffnungen in B, C und D, in welche cylindrische Röhren eingelöthet sind. Die erstere im Mittelpunkte des Deckels dient,

Digitized by Google

um das Kästchen mit Wasser zu füllen, und wird mit einem Korkstöpsel verschlossen; in die zweite engere Oeffnung bei C wird durch einen durchbohrten Kork ein cylindrisches Thermometer gesteckt; die dritte bei D empfängt die Einmündung der Kühlschlange s s, welche das Wesentliche dieses Apparates ausmacht. Dieselbe ist von sehr dünnem Bleche, ihr Querschnitt ist nicht kreisförmig, sondern bildet ein Rechteck von $\frac{1}{2}$ Zoll Höhe und $1\frac{1}{2}$ Zoll Grundlinie am Eingang und 1 Zoll am Ende der Schlange. Sie macht in horizontaler Ebene mit halbkreisförmiger Wendung drei Gänge durch das Kästchen, und steht vom unteren Boden überall zwei Linien weit ab. Bei D ist sie mit einem Cylinder c von 1 Zoll Durchmesser und 1 Zoll Länge verbunden, in welchen der umgekehrte Trichter f hineingesteckt wird, bestimmt, die Wärme verbrannter Stoffe aufzufangen. Das Kästchen A A ist an seinem Rande in einen hölzernen Rahmen m m eingelassen, der auf vier dünnen Füßen steht, um jeden Abzug von Wärme durch Berührung so viel als möglich zu verhindern. Das Gefäß des bei C eingesteckten Thermometers ist ein Cylinder von dünnem Glase, zwei Linien weit und 4 Zoll hoch, so daß er die Temperatur der verschiedenen Wasserschichten vereint angibt.

Bei den gegenwärtigen Versuchen über die Wärme des Dampfes wurde dieser in die Schlangenröhre geleitet. Um nicht durch Wärmestrahlung des Recipienten an die äußere Luft Wärme zu verlieren, wurde das Wasser im Calorimeter stets von einer Temperatur genommen, die 2 bis 3 Grad niedriger als die der umgebenden Luft war, und wenn das Thermometer des Calorimeters eine Zunahme der Temperatur von 5 bis 6 Grad anzeigte, so wurde der Versuch beendet. Auf diese Weise fand Rumford die latente Wärme des Dampfes im Mittel 576° C.

Aehnlich ist der Apparat, dessen sich Despretz bediente. A (Fig. 177.) ist ein zum Theil mit Wasser gefülltes Gefäß, in welches der Thermometer a und die Röhre b luftdicht befestigt sind. Das Gefäß steht über einem Feuerherde, so daß das Wasser in ihm erhitzt und in Dampf verwandelt werden kann. Die Röhre b geht nach dem Gefäße C in die aus dünnem Kupfer gemachte schlangenförmige Röhre c, die bei o mündet, damit die in ihr enthaltene Luft getrieben durch den sich in A entwickelnden Dampf ausgetrieben werden kann. Im Gefäße C befindet sich Wasser von bekannter Temperatur. Indem nun der Dampf in der Schlangenröhre condensirt wird, theilt er die ihm eigene Wärme dem Wasser in C mit; diese Temperaturerhöhung wird durch das Thermometer angezeigt. B ist ein Schirm von Holz, welcher dazu dient, den directen Einfluß der Hitze bei A von dem Gefäße C abzuhalten. Die Art, wie hier die Berechnung angestellt wird, ist nun folgende. Die zu erforschende latente Wärme des Dampfes heiße x, die Temperatur des Dampfes sei t, die Masse desselben m; die Temperatur des Gefäßes C, so wie des in ihm befindlichen Wassers, wie sie vor dem Versuche ist, heiße T; die Masse des Kühlwassers mit Einschluß des Gefäßes sei M, und endlich die Temperatur von C nach der Condensation des Dampfes sei T'. Dann ist die Wärmequantität in C vor dem Versuche $= MT$, nach dem Versuche aber $= MT'$, also ist die durch die Condensation des Dampfes hinzugekommene Wärme-

Digitized by Google

quantität $= MT' - MT$. Die Quantität der latenten Wärme des Dampfes ist $= mx$, und die Quantität der freien Wärme des Dampfes $= mt$, die ganze Quantität der Wärme des Dampfes demnach $= mx + mt$. Diese ist es, welche die Temperaturerhöhung in C bei der Condensation des Dampfes bewirkt. Durch die Condensation ist aber die Masse m des Dampfes in C getreten, diese hat jetzt auch die Temperatur T', also ist mT' die Wärmequantität derselben, welche noch zu MT' hinzu kommt. Darnach hat man nun

$$mx + mt = MT' - MT + mT', \text{ also}$$

$$x = \frac{M(T' - T) - m(t - T')}{m}$$

als Formel, nach der die latente Wärme aus dem Versuche bestimmt wird.

Mit einem noch einfacheren Apparate stellte Ure seine Untersuchungen über die von verschiedenen Körpern bei der Dampfbildung absorbirte Wärme an. Er bediente sich einer kleinen gläsernen Retorte mit kurzem Halse, die er in einer Kugel von dünnem Glase, als Recipienten, befestigte. Dieser Recipient war mit kaltem Wasser umgeben, in die Retorte wurde ein kleiner Theil der zu verdampfenden Flüssigkeit gebracht, und mittelst einer argandschen Lampe als Dampf in den Recipienten übergetrieben, dort wurde der Dampf durch die Kälte condensirt, und dadurch die Temperatur des ihn umgebenden Gefäßes erhöht. Aus dem Grade dieser Temperaturerhöhung wurde dann die vom Dampfe vorher absorbirte und dann freigelassene Wärmemenge berechnet. Hierbei war die Temperatur der Luft 7° C., die des Wassers, welches den Recipienten umgab, 5 bis 6°, und der durch die Condensation des Dampfes bewirkte Zuwachs der Temperatur überstieg die der Luft niemals um mehr als 2°. Da die Wärmemittheilung bei Körpern, deren Temperatur wenig verschieden ist, nur sehr langsam ist, so konnte die Luft bei der kurzen Dauer des Versuches (von 5 oder 6 Minuten) keinen merklichen Einfluß auf das Wasser, welches den Recipienten umgab, ausüben. Ure fand bei einer mehrfachen Wiederholung seiner Versuche eine große Uebereinstimmung der Resultate, deren Mittel folgende Tabelle zusammenstellt.

Flüssigkeiten.	Spec. Schwere.	Temperatur des Wassers in dem Recip.			Siedepunkt.	Wärme z. Dampfbildung.
		Zu Anfang	Zu Ende	Zuwachs		
Wasser	1,000	5,°8C.	9,°4	3,°6	100°	521,°4
Weingeist	0,825	5, 5	6, 61	1, 11	80	236
Schwefeläther	0,7	5, 5	6, 6	1, 1	44,4	168
Terpentinöl	0,888	5, 5	6, 4	0, 9	158	81
Steinöl	0,75	5, 8	6, 6	0, 8	152	83, 3
Salpetersäure	1,494	5, 5	7, 5	2	74	287, 2
Flüss. Ammoniak	0,978	5, 5	8, 6	3, 1	60	466, 6
Essigsäure	1,007	5, 8	9, 2	3, 4		483, 3

Digitized by Google

Tredgold corrigirt diese Tabelle noch in Bezug auf den Verlust an Wärme während der Operation und auf den in der Retorte zurückbleibenden Dampf, und gibt hiernach folgende Tabelle.

Nöthige Wärme zu Bildung des Dampfes.	bei gleichem Gewicht.	bei gleichem Volumen.
Wasser	557,°4	557,°4
Weingeist	253	208, 3
Schwefeläther	178	126, 1
Terpentinöl	89, 4	79, 4
Steinöl	81, 6	69
Salpetersäure	306, 6	461,
Flüss. Ammoniak	497, 2	486
Essigsäure	516, 6	520

Stellen wir schlüßlich sämmtliche Resultate der Untersuchungen über die latente Wärme des Wasserdampfes zusammen, wobei die freie Wärme des Dampfes 100° C. anzunehmen, so ergibt sich folgende Tabelle:

Nach	Black	445° C.
=	Watt	530
=	=	560
=	Schmidt	540
=	Parrot	524
=	Klaproth und Wolf	583
=	Rumford	567, 2
=	Ure	537, 2
=	Despretz	531
=	=	540
=	Lavoisier u. La Place	555
=	Gay Lussac, Clement und Desormes	550
=	Southern	538

Woraus das Mittel = 540° C.

oder 640° C. als Summe der latenten und freien Wärme des Dampfes.

Um sich im Allgemeinen von der Elasticität der Dämpfe zu überzeugen, gibt Brandes folgenden Versuch an, bei dem sich die Dämpfe bei gewöhnlicher Lufttemperatur entwickeln und sogleich eine bedeutende Quecksilbersäule tragen. Man bedient sich zweier verbundener Glasröhren TT, FA (Fig. 178.), deren eine TT oben ganz offen bleibt, die andere, FA mit einem Hahne Y oben geschlossen werden kann. Füllt man nun, indem man den oberen Ansatz ganz abschraubt, beide Röhren bis an Hh mit Quecksilber, so steht dieses gewiß in beiden Röhren gleich hoch, weil der freie Luftdruck auf beide Oberflächen stattfindet, und eben das dauert fort, wenn man das obere Stück mit dem schließenden Hahne wieder aufschraubt. Dieser Hahn Y, der gar keine Bohrung hat, dient bei jeder Stellung, um das kleine oberhalb Y befindliche Gefäß von der Röhre FA abzusperren;

Digitized by Google

aber seine Fassung hat sowohl nach oben als gegen A zu eine Oeffnung, und in der, übrigens genau cylindrischen, Oberfläche des Hahnes befindet sich eine genau unter die Oeffnung t des oberhalb Y befindlichen Gefäßes V passende Vertiefung, damit, wenn das Gefäß mit einer Flüssigkeit, z. B. Aether (Schwefeläther) gefüllt ist, und diese Vertiefung sich an der Oberfläche t befindet, auch sie einen Tropfen eben jener Flüssigkeit aufnehme. Wird nun der Hahn in seiner genau schließenden Fassung gedreht, so daß der in der Höhlung aufgefaßte kleine Tropfen auf die untere Seite des Hahnes, also vor die nach der Röhre AF gehende Oeffnung kommt, so verdampft er und diese Dämpfe füllen die Röhre AF; sogleich aber steigt auch das Quecksilber in der anderen Röhre, während es in AF herabgedrückt wird, und man sieht deutlich, daß die Elasticität der Dämpfe stark genug ist, um selbst bei mäßiger Temperatur eine erhebliche Quecksilbersäule zu tragen.

Durch die großartige Anwendung, die man von der elastischen Kraft der Dämpfe im Maschinenbau gemacht hat, ist man veranlaßt worden, die Elasticität des Dampfes, namentlich des Wasserdampfes, bei den verschiedenen Temperaturen genauer zu untersuchen. Man bestimmt im Allgemeinen die Elasticität des Dampfes nach der Länge der Quecksilbersäule, die derselbe zu tragen im Stande ist, oder wohl auch nach der Anzahl von Atmosphären, welche nöthig sein würde, um dem Dampfe von einer bestimmten Temperatur das Gleichgewicht zu halten. Bei derartigen Versuchen zu genauer Bestimmung der Elasticität des Dampfes kommt es vorzugsweise darauf an, den Dampf nicht, wie in dem oben angegebenen Versuche, mit atmosphärischer Luft gemischt zu erhalten, ferner denselben im Zustande größter Dichte anzuwenden, deshalb also die tropfbare Flüssigkeit, deren Dampf untersucht werden soll, im Ueberschusse vorräthig zu haben.

Es wird nöthig sein, die vorzüglichsten Apparate, welche zu Untersuchung der Elasticität angewandt sind, die Art und Weise, wie bei den Versuchen damit verfahren wurde, und endlich die Resultate jener Untersuchungen anzugeben. Robison's Apparat*) bestand bei den ersten Versuchen in einem kleinen kupfernen Digestor ABCD (Fig. 179.), der oben ein zur Hälfte eingesenktes Thermometer T, und ein Ventil V hat, welches mit einem Gewichte A beladen ist. In einer dritten Oeffnung bei E ist eine Barometerröhre SGF eingesenkt, welche dazu dient, die Kraft des Dampfes bei Temperaturen unter der des siedenden Wassers zu messen. Bei Temperaturen über 100° C. wurde die Kraft des Dampfes durch eine Schnellwage auf dem Ventile gemessen, und an die Stelle der Röhre SGF wurde ein Stöpsel gebracht, aber die so gewonnenen Resultate waren unregelmäßig und ungenügend. Daher brachte man die gläserne Röhre NMLK in den Digestor, welche bei L eine Bauchung für das Quecksilber hat; und statt mit dem Ventile die Kraft zu messen, wurde diese nach der Erhebung des Quecksilbers in der Röhre MN bestimmt. Der Digestor wurde durch eine Lampe erhitzt. Um den Druck bei Temperaturen unter 100° C. zu bestimmen, wurde die Röhre SGF

*) Nach Tredgold.

wie in der Figur angebracht, und ein Gefäß mit Queckſilber bei F bereit gehalten. Die Lampe begann zu wirken, das Waſſer des Digeſtors erzeugte Dampf, bis dieſer durch das Ventil und die Röhre F entwich und auf dieſe Weiſe die Luft austrieb. Wurde darauf die Lampe hinweggenommen, und das Ventil ſowohl, als die Röhre (dieſe durch Einſenkung in das Queckſilbergefäß bei F) geſchloſſen, ſo erhob ſich das Queckſilber in der Röhre GF in dem Maße, in welchem der Apparat erkaltete, und man merkte die den verſchiedenen Temperaturen entſprechenden Höhen an. Aehnliche Beobachtungen wurden angeſtellt, wenn man den Apparat wieder erwärmte. — Um die Elaſticität des Dampfes bei höheren Temperaturen ſchätzen zu können, fügte man das Ende K der Röhre MNK in die Oeffnung E; und in dem Maße, in welchem die Temperatur zunahm, beſtimmte der Druck des Dampfes in der Bauchung L die Erhebung des Queckſilbers, und gab ſo das Mittel zu Meſſung der Elaſticität des Dampfes. Gegen dieſe Art zu experimentiren läßt ſich einwenden, daß wegen der Temperaturveränderung das Queckſilber ebenfalls einer fortwährenden Veränderung unterworfen ſei, und folglich auf ſeiner Oberfläche bald Condenſation, bald Erzeugung von Dampf veranlaſſen werde. Bei jeder Beobachtung hätte in der ganzen Ausdehnung des Apparates die Temperatur dieſelbe ſein ſollen, und deßwegen mußte die die Drucke anzeigende Säule auf die mittlere Temperatur reducirt werden. Dieß ſcheint jedoch nicht geſchehen zu ſein. Die Reſultate der Robiſonſchen Beobachtungen ſind in der folgenden Tabelle angegeben.

Dalton's Verſuche wurden nach einem anderen Plane angeſtellt. Er nahm eine vollkommen ausgetrocknete Barometerröhre, und füllte ſie mit ſiedendem Queckſilber, indem er den Punkt bezeichnete, wo dieſes ſtillſtehen blieb; darauf theilte er die Röhre mittelſt einer Feile in Zolle und Zehntel eines Zolles. Er brachte in die Röhre eine kleine Quantität Waſſer (oder überhaupt der zu unterſuchenden Flüſſigkeit), ſo daß ſie nur die Wände benetzte; hierauf ſtürzte er die Röhre in das Queckſilber um, indem er ſie ſorgfältig wendete, um alle Luft zu vertreiben. Nachdem der Barometer hergeſtellt war, erhob ſich ein Theil der Flüſſigkeit, ungefähr $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{10}$ Zoll an den Seiten der Röhre bis zum Gipfel der Queckſilberſäule. Darauf nahm er eine andere cylindriſche Röhre von Glas, welche an beiden Enden offen war, 2 Zoll im Durchmeſſer und 14 Zoll in der Länge maß. Beide Enden dieſer Röhre waren mit Stöpſeln verſehen, die in der Mitte durchbohrt waren, ſo daß der Barometerröhre mit ſtrenger Reibung Zutritt verſtattet war. Der obere Stöpſel war 2 oder 3 Zoll unter dem Gipfel der Röhre befeſtigt und zur Hälfte abgeſchnitten, um die Flüſſigkeit durchzulaſſen; er ſollte nur zu Befeſtigung der Röhre dienen. Nun konnte Waſſer von einer beſtimmten Temperatur in die weite Röhre gegoſſen werden, ſo daß es den oberen Theil der Leere des Barometers umgab. Im Innern der Barometerröhre wurde durch dieſe Erwärmung die über der Queckſilberſäule befindliche Flüſſigkeit in Dampf umgewandelt, und der Druck dieſes Dampfes nach der dadurch bewirkten Herabdrückung der Queckſilberſäule gemeſſen. Dalton goß ſo Waſſer bis

Digitized by Google

zur Temperatur von 70° C. in die Röhre, bei höheren Temperaturen hätte der gläserne Apparat Schaden leiden können, und er bediente sich daher bei diesen eines anderen Apparates. Er nahm nämlich eine Röhre von Zinn, welche 4 Zoll Durchmesser und 2 Fuß Länge hatte, an deren einem Ende eine kreisförmige zinnerne Platte angelöthet war. Diese trug in ihrer Mitte eine runde Röhre, eine kleinere und an beiden Seiten offene Röhre von derselben Länge wurde so eingelöthet, daß die Axe derselben mit der Axe jener zusammenfiel. Nun konnte in die größere Röhre Wasser gefüllt werden, während die innere Röhre der Temperatur desselben ausgesetzt war. In die innere Röhre befestigte Dalton mittelst eines Stöpsels die obere Hälfte eines Heberbarometers, während auch die obere Oeffnung der kleinen Röhre geschlossen war. Auf diese Weise konnte er die Wirkung einer 100° C. übersteigenden Temperatur schätzen, indem das Herabgedrücktwerden der Quecksilbersäule aus dem Steigen derselben in dem außerhalb sich befindenden Theile des Hebers erkannt wurde.

Dalton bemerkt übrigens, daß die Kraft des Wasserdampfes zwischen 25° und 100° C. auch mittelst einer Luftpumpe bestimmt werden kann, und die so gewonnenen Resultate stimmten sehr wohl mit denen überein, die mit dem eben beschriebenen Apparate gewonnen worden waren. Man nehme eine zur Hälfte mit warmem Wasser gefüllte Flasche, und senke darein die Kugel eines Thermometers; bedecke das Ganze mit einem Recipienten auf einem der Teller der Maschine, auf den andern setze man eine Manometer; wird nun die Luft langsam ausgepumpt, und der Stand des Manometers und des Thermometers in dem Augenblicke, wo das Wasser zu sieden beginnt, angemerkt, so wird der Stand des ersteren die Kraft des Wasserdampfes bei der beobachteten Temperatur anzeigen. — Die Resultate der Versuche, welche Dalton angestellt hat, siehe in der folgenden Tabelle.

Ure bediente sich bei Temperaturen unter oder wenig über dem Siedepunkte eines Apparates, den Fig. 180. vorstellt. Fig 181. und 182. stellen die bei höheren Temperaturen angewandten Apparate vor, von denen der letztere als der geeignetere erscheint. — Der Apparat wurde an der Decke eines hohen Fensters aufgehangen, und mit der Röhre LD in eine genau verticale Stellung gebracht. Die Versuche gründen sich alle auf das Princip, daß die steigende Zunahme der elastischen Kraft, bestimmt durch die Wärme in dem Dampfe der Flüssigkeit, welche über das Quecksilber in l gebracht ist, durch die Länge der Säule gemessen wird, welche oberhalb L hinzugethan werden muß, um das erste Niveau des Quecksilbers in l herzustellen. Diese beiden Punkte, von denen bei der Beobachtung ausgegangen wird, sind genau durch einen Ring von sehr dünnem Platindraht bezeichnet, der stark um die Röhre angezogen ist. — Bei Beginn des Versuches, und nachdem die Flüssigkeit so viel als möglich von Luft befreit eingebracht worden ist, bringt man das Quecksilber mit dem Rande des Ringes l in gleiche Höhe, indem man es mit Vorsicht in sehr dünnem Faden

in den offenen Arm des Hebers D gießt; darauf paßt man sorgfältig den Ring an, welcher das Niveau in L bezeichnen soll. — Nach der Art, wie der Versuch geleitet wird, bleibt immer eine gewisse Quantität der Flüssigkeit in Berührung mit dem Dampfe, welches ein wesentlicher Umstand für die Genauigkeit der Resultate ist*). Gesetzt nun, die Temperatur des Wassers oder Oeles in A (Fig. 180.), die durch ein sehr empfindsames Thermometer angegeben wird, sei die des schmelzenden Eises; und LD sei die Säule, welche dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht hält. Man erhitze den Cylinder A mittelst zweier Argandschen Lampen, deren Flamme gelind von unten wirkt. Wann der Thermometer 6 Grade anzeigt, vermindre man die Flamme, um während einiger Minuten eine sich gleichbleibende Temperatur zu erhalten. Dann wird die Elasticität genau durch die Quecksilbersäule gemessen, die man über D hinzufügen muß, um das Quecksilber auf sein anfängliches Niveau in l zurückzuführen. — Bei E ist ein Stück Kork zwischen die beiden Arme der Heberröhre befestigt, um diese zu unterstützen und dem ganzen Apparate als Aufhängepunkt zu dienen. — Für die Temperaturen über dem Siedepunkt ist der Theil des Hebers unterhalb E offenbar überflüssig, weil er in seinen beiden Armen ein Gewicht Quecksilber im Gleichgewichte erhält, welches auf den Versuch ohne Einfluß ist; man bedient sich daher des in Fig. 182. und 182. vorgestellten Apparates, indem man übrigens auf dieselbe Weise verfährt. Die Oeffnung O (Fig. 182.) dient, um die Kugel eines Thermometers, welche gegen die Röhre befestigt bleibt, einzulassen. Nachdem der gekrümmte Theil der Röhre mit Quecksilber gefüllt worden, läßt man eine kleine Quantität Flüssigkeit bis zum geschlossenen Ende hindurchgehen. Der Recipient C, welcher mit Oel oder Wasser gefüllt ist, wird durch eine Argandsche Lampe erhitzt, und die Temperatur einige Minuten auf dem Siedepunkte erhalten; dann muß man in D einige Tropfen Quecksilber zufügen, bis L und l in derselben Horizontalebene sich befinden. Der weitere Verlauf des Versuches unterscheidet sich nicht von dem schon beschriebenen. Die Flüssigkeit in C erhitzt sich mehr und mehr; und demgemäß muß man immer neue Quantitäten Quecksilber über L einschütten, um das ursprüngliche Niveau herzustellen, indem dadurch der wachsenden Elasticität ein Gegengewicht entgegengestellt wird. Die Quecksilbersäule über L drückt die Zunahme der elastischen Kraft des Dampfes aus. Die Resultate von Ure's Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Southern stellte seine Versuche über den Dampf von hohem Drucke mit einem Digestor an. Ein Thermometer war einer metallenen Röhre angepaßt, so daß die Röhre des Thermometers bis zu der Höhe, zu welcher sich das Quecksilber erhob, eingesenkt werden konnte. Anstatt die Kraft des Dampfes durch ein mit Gewichten belastetes Ventil zu messen, wurde ein sorgfältig calibrirter Cylinder, und ein Kolben, der mit gelinder Reibung in denselben paßte, und an dessen

*) Um Dampf im Zustande der Sättigung zu erhalten; s. S. 427.

Stange ein Hebel angebracht war, angewandt. Damit diese Vorrichtung zu keinem Irrthume Veranlassung gebe, wurde eine Quecksilbersäule an die Stelle gesetzt, und beinahe bis auf $\frac{1}{4}$ Millimeter war die Uebereinstimmung bemerklich. Die Beobachtungen bei jedem Grade der Temperatur und des Druckes wurden während einiger Minuten fortgesetzt, während die Temperatur abwechselnd vermehrt wurde, so daß der Druck bald etwas zu hoch, bald etwas zu niedrig war, und man führte dann das Resultat auf eine mittlere Temperaturzurück. S. d. folg. Tab.

Watt, der erste, der sich mit genaueren Untersuchungen über die Elasticität abgab, bediente sich eines Apparates, der dem von Robison beschriebenen ähnlich war. Seine Beobachtungen sind mit großer Genauigkeit angestellt; er hat indeß keine Rücksicht genommen auf den Einfluß des Druckes, welchen der sehr expandirte Dampf auf die Kugel des in den Digestor eingesenkten Thermometers ausübt. S. d. folg. Tab.

Einer der ersten Beobachter der Elasticität des Dampfes war ferner Betancourt, dessen Apparat Muncke, wie folgt, beschreibt. Er bestand aus einem Papinischen Digestor A (Fig. 183.) mit einer Oeffnung s zum Eingießen des Wassers, einem eingesenkten Thermometer ht, einer seitwärts angebrachten, durch einen Hahn b verschließbaren, und vermittelst eines biegsamen Rohres mit einer Campane verbundenen Röhre o′ o″, um die Luft aus dem oberen Raume des Digestors über dem Wasser durch Aufsetzen der Campane auf den Teller einer Luftpumpe wegzuschaffen, und endlich aus einer viermal gebogenen Glasröhre, deren aufrecht stehendes, oben offenes, Ende vermittelst einer angebrachten Scale in par. Zolle und deren Theile getheilt war. Das in derselben oder einem damit verbundenen Gefäße befindliche Quecksilber diente dazu, für Temperaturen unter dem Siedepunkte in dem Theile der Röhre kn ein Barometer zu bilden, und durch die Differenz der Höhe des Quecksilbers in diesem und einem zugleich beobachteten wirklichen Barometer sowohl die Elasticitäten der Dämpfe unter der Siedehitze zu messen, als auch durch das Aufsteigen desselben im längeren Schenkel der Röhre k′n′ die Elasticitäten derselben bei höheren Temperaturen zu finden. Daß bei diesem Apparate die Differenz der Quecksilberhöhe in der Röhre und im wirklichen Barometer beim Gefrierpunkte der noch im Digestor befindlichen Luft beigemessen wurde, folglich die Elasticität der Dämpfe beim Gefrierpunkte $= 0$ genommen werden mußte, versteht sich von selbst. Die Resultate der Betancourtschen Versuche s. in d. folg. Tab.

G. G. Schmidt, welcher 1797 schon seine Versuche anstellte, verfuhr (nach Muncke) folgendermaßen. Sein Apparat (Fig. 184.) hatte die dem Gelingen nachtheilige viermal gebogene Röhre des Betancourt'schen Digestors nicht, auch wurde er durch die Dämpfe des siedenden Wasser anfänglich luftleer gemacht, welches sicher das Beste ist. Der Hahn g schloß dann, nachdem durch Süden alle Luft weggeschafft war, das Gefäß A, und wurde erst wieder geöffnet, wenn das Wasser in dem letzteren beim Versuche die Siedehitze abermals erreicht hatte. Daß endlich das im Gefäße dd enthaltene Quecksilber,

Digitized by Google

dessen Stand nach der früher angestellten Messung des Inhalts dieses Gefäßes und der Röhre f corrigirt werden konnte, durch den Druck der Dämpfe in dieser Röhre in die Höhe gehoben wurde, ist an sich klar. Ueber 114° R. konnten die Versuche nicht fortgesetzt werden, weil die zwischen den Schrauben liegenden Leder zusammendörrten. Hanf ist daher für solche Zwecke weit vorzuziehen.

Um die Elasticitäten des Dampfes unter der Siedehitze zu finden, bediente sich Schmidt des sehr zweckmäßig eingerichteten Ciarcy'schen Dampfbarometers. Dasselbe besteht aus einem gewöhnlichen gut ausgekochten Flaschenbarometer, dessen Oeffnung c (Fig. 185.) so eingerichtet ist, daß ein Thermometer fg hineingesenkt, und sie durch einen auf die Röhre desselben geschobenen Kork dampfdicht verschlossen werden kann. An der Flasche des Barometers ist seitwärts die kleine Phiole h angebracht, in deren untere Oeffnung gleichfalls vermittelst eines Korkes die kleine Retorte k gesteckt wird, welche letztere etwas Wasser enthält, daß man durch eine untergehaltene Lampe sieden läßt, und wenn dann sowohl h als auch das Gefäß des Barometers pp mit siedendem Dampfe gefüllt und aus beiden die Luft ausgetrieben ist, so wird der ganze Apparat durch die beiden Korke verschlossen; man läßt ihn erkalten, das Quecksilber sinkt aus der Barometerröhre in das Gefäß pp, und indem man alsdann das in diesem zurückgebliebene Wasser allmählig erhitzt, so erhält man nach Angabe des in demselben befindlichen Thermometers die den Temperaturen des Dampfes zugehörigen Elasticitäten des Wasserdampfes in Höhen der Quecksilbersäule. Noch einfacher wird dieser Apparat, wenn man die Phiole h und die Retorte k ganz wegläßt, etwas Wasser im Gefäße pp zum Sieden bringt, und nachdem alle Luft ausgetrieben ist, dasselbe vermittelst des Korkes am Thermometer verschließt, und so verfährt, wie oben angegeben ist, wobei man zu größerer Vorsicht wohl thut, den Kork mit einem Kitt aus Bernsteinfirniß und ungelöschtem Kalke zu überstreichen, um jedes Eindringen der Luft zu verhüten. S. d. folg. Tab.

Biker und Rouppe gelangten bei ihren Versuchen zu Resultaten, die mit denen von Schmidt in großer Uebereinstimmung sind, indem sie sich eines Apparates bedienten, den Muncke beschreibt. Ein Digestor stand in dem eisernen Ofen A (Fig. 186.), war aus $\frac{3}{16}$ Z. dickem geschlagenen Kupfer, 11 Z. hoch und 10 Z. weit, mit einem noch einmal so dicken aufgeschrobenen Deckel und zwischenliegender Bleischeibe, um das Schwinden der Lederscheiben zu vermeiden. Der Deckel hat fünf Oeffnungen mit verschiedener Vorrichtungen, welche gleichfalls vermittelst Bleischeiben dampfdicht verschlossen sind. In der Mitte befindet sich der Dampfcylinder GG, mit einem doppelt durchbohrten Hahne M, vermittelst dessen sich der Dampfcylinder mit dem Digestor oder auch mit der äußern Luft in Verbindung setzen läßt, auch gibt er den Dämpfen im Digestor einen Ausweg, um vor den Versuchen die in demselben eingeschlossene Luft wegzuschaffen. Schraubt man die Deckplatte des Dampfcylinders GG ab, so läßt sich ein luftdicht schließender Embolus hineinschieben, welcher durch die Dämpfe nach der Oeffnung des Hahns in die Höhe gehoben wird, und dann geben aufge-

Digitized by Google

legte Gewichte die Kraft an, welche der Dampf gegen den Embolus ausübt. Wird dann der Zutritt des Dampfes durch den Hahn abgeschlossen, und aus einer in das Röhrchen N eingeschrobenen Spritze Wasser in den Cylinder gespritzt, so condensirt sich der Dampf, der Embolus wird durch die atmosphärische Luft niedergedrückt, und das gebildete Wasser läuft durch die Oeffnung des Hahns ab, worauf der Proceß von neuem beginnen kann. Man sieht leicht, daß hiermit das Spiel der atmosphärischen Dampfmaschinen im Kleinen nachgebildet werden sollte. Die Oeffnung R war bestimmt, den Digestor mit Wasser zu füllen, worauf sie entweder mit einem Sicherheitsventile (einem Kegelventile mit Hebelarme), oder mit der Röhre RSO zugeschroben wurde, vermittelst welcher der Apparat durch Anwendung einer Luftpumpe entleert werden konnte. In der dritten Oeffnung des Deckels war das Thermometer TT, dessen Kugel 4 Zoll tief unter denselben hinabreichte, in der vierten die 110 Z. lange, oben verschlossene Meßröhre KQ, welche eben wie die Thermometerröhre in ihre Fassung mit Mennig und dick eingekochtem Leinöle eingekittet war. Dieser nämliche Kitt, nachdem noch etwas Bleiweiß zugesetzt worden, diente zum Verstreichen der Fugen. Das untere Ende der Röhre war in das eiserne Gefäß P (Fig. 187.) gesenkt, welches eine hinlängliche Menge Quecksilber faßte, um die ganze Röhre damit zu füllen, von unten in den Deckel dd eingelassen war, mittelst der Oeffnung e mit dem Dampfe im Digestor communicirte, vermittelst der Röhren b aber mit der äußeren Luft, indem das aus der fünften Oeffnung des Deckels tretende Ende dieser letzteren durch den Hahn H geöffnet oder verschlossen werden konnte, um die Luft oder die zu stark erhitzten Dämpfe entweichen zu lassen oder abzusperren. Bei den Versuchen selbst ist es vor allen Dingen nothwendig, das Feuer sehr zu mäßigen, weil sonst die Elasticität der Dämpfe dem Thermometer vorauseilt, auch müssen die Ventile genau schließen, indem beim Entweichen von etwas Dampf die Elasticitäten zu geringe gefunden werden. Außerdem wandten die Experimentatoren auch noch das zweckdienliche Mittel an, daß sie das Feuer dämpften und die Versuche bei abnehmender Wärme wiederholten.

Arzberger hat in neuerer Zeit einige Versuche angestellt, welche besonders darum große Verdienste haben, weil sie sich zum Theil auf sehr hohe Temperaturen beziehen, an welchen Bestimmungen es bis dahin fehlte. Es wurde eine kniefömig gebogene eiserne Röhre ABC (Fig. 188.) so auf drei Füße gestellt, daß der kürzere Schenkel lothrecht stand, das andere schräg liegende Ende aber bis nahe zu gleicher Höhe mit diesem anstieg. In den kürzeren Schenkel C war ein stählerner Ansatz DE mit einem eingeschliffenen Kugelventile geschroben, welches beim Aufspringen durch den Stift H am Abgleiten aus seiner Oeffnung gehindert wurde. Die übrigen Theile, als das Thermometer, der Hebelarm und die Wagschale zum Auflegen der Gewichte sind an sich klar, wobei schon aus der Zeichnung ersichtlich ist, daß die Einrichtung eine genaue Messung des erzeugten Druckes zuließ, die Ausgangsröhre B aber war mit einem kleinen Druckwerke M versehen, um vermittelst desselben Wasser in den Apparat zu pressen, die Röhre bei

Digitized by Google

A mit dem Hahne aber diente zum Entweichen der anfänglich eingeschlossenen Luft und späterhin des Dampfes zur Regulirung der Versuche. Aus dem Querschnitte der Oeffnung des Ventils und der Belastung der Kugel desselben wurde die Elasticität der Dämpfe berechnet, diesem die Barometerhöhe zuaddirt, und auf diese Weise die ganze Elasticität in Höhen der Quecksilbersäule gefunden. S. d. folg. Tab.

Christian bediente sich eines ähnlichen Apparates, wie der der Dampfmaschine ist. Es wurde nämlich ein Kolben, dessen Reibung durch ein Gegengewicht aufgehoben wurde, durch den Dampf in einem Cylinder gehoben, und durch Auflegung von Bleicylindern die den Kolben hebende Kraft des Dampfes bestimmt. Diese Methode ist nicht sehr genau, aber darum doch wichtig, weil die Vorrichtung der Dampfmaschine gleicht, in Bezug auf welche die Untersuchungen über Elasticität meist angestellt werden, und welche diesen ihre Wichtigkeit gibt. In den folgenden Tabellen sind die Resultate der Versuche Christian's angegeben, und zwar die für 88° R. bis 128° nach der letzten Versuchsreihe desselben, für 84° und 128°—136° nach der vorletzten. Die vorletzte Versuchsreihe ist nach Muncke anscheinend die genaueste und umfassendste.

Es sind außer von den genannten, einzelne Versuche auch von anderen Physikern angestellt worden, z. B. von J. T. Mayer, Héron de Villefosse. Munke hat Beobachtungen unter dem Eispunkte angestellt, die jedoch, wegen der bei seinem Apparate stattfindenden Capillardepression, die nicht mit berechnet worden, zu große Resultate geben.

Die folgende Tafel, welche die Resultate der von den verschiedenen Physikern angestellten Versuche enthält, ist leicht verständlich; die erste Columne gibt die Temperatur des Dampfes an, die zweite Columne die Länge einer Quecksilbersäule in par. Zollen, welche der Dampf von der nebenstehenden Temperatur zu halten vermag, ganz so wie der Druck der Atmosphäre nach der Länge der Quecksilbersäule, der er im Barometer das Gleichgewicht hält, bestimmt wird.

Resultate der verschiedenen Beobachtungen über die Elasticität des Dampfes bei verschiedenen Temperaturen.

Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.	Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.
— 10,00	0,090	Muncke.	13,35	0,488	Southern.
5,00	0,126	"	14,00	0,30	Betancourt.
3,56	0,158	Ure.	14,69	0,591	Ure.
0,00	0,000	Robison.	15,00	0,35	Betancourt.
"	0,000	Schmidt.	"	0,55	Schmidt.
"	0,188	Dalton.	"	0,590	Dalton.
"	0,150	Southern.	"	0,675	Muncke.
"	0,187	Ure.	16,00	0,40	Betancourt.
"	0,170	Muncke.	"	0,61	Schmidt.
+ 3,00	0,000	Betancourt.	16,91	0,516	Robison.
3,56	0,094	Robison.	"	0,681	Ure.
"	0,234	Ure.	17,00	0,45	Betancourt.
4,00	0,02	Betancourt.	17,80	0,685	Southern.
4,45	0,216	Southern.	18,00	0,52	Betancourt.
5,00	0,02	Betancourt.	"	0,76	Schmidt.
"	0,11	Schmidt.	18,67	0,61	Watt.
"	0,278	Dalton.	19,00	0,58	Betancourt.
"	0,276	Ure.	19,14	0,806	Ure.
6,00	0,05	Betancourt.	20,00	0,65	Betancourt.
"	0,15	Schmidt.	"	0,90	Schmidt.
7,00	0,07	Betancourt.	"	0,852	Dalton.
8,00	0,10	"	"	0,958	Muncke.
8,01	0,188	Robison.	21,00	0,75	Betancourt.
"	0,337	Ure.	21,37	0,769	Robison.
8,90	0,328	Southern.	"	0,947	Ure.
9,00	0,12	Betancourt.	21,78	0,75	Watt.
10,00	0,15	"	22,00	0,82	Betancourt.
"	0,28	Schmidt.	"	1,01	Schmidt.
"	0,409	Dalton.	22,26	0,957	Southern.
"	0,447	Muncke.	23,00	0,90	Betancourt.
10,22	0,14	Watt.	23,59	1,097	Ure.
10,24	0,390	Ure.	24,00	0,97	Betancourt.
11,00	0,18	Betancourt.	25,00	1,05	"
12,00	0,22	"	"	1,30	Schmidt.
"	0,38	Schmidt.	"	1,207	Dalton.
12,46	0,328	Robison.	25,82	1,107	Robison.
"	0,484	Ure.	"	1,276	Ure.
13,00	0,27	Betancourt.	26,00	1,12	Betancourt.
"	0,44	Schmidt.	26,71	1,332	Southern.

Digitized by Google

Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.	Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.
27,00	1,22	Betancourt.	43,62	4,096	Ure.
=	1,42	Schmidt.	44,00	3,70	Betancourt.
28,00	1,20	Watt.	44,51	4,419	Southern.
=	1,32	Betancourt.	45,00	3,95	Betancourt.
28,04	1,538	Ure.	=	5,14	Schmidt.
29,00	1,42	Betancourt.	=	4,450	Dalton.
30,00	1,52	=	45,78	4,22	Watt.
=	1,93	Schmidt.	45,85	4,756	Ure.
=	1,711	Dalton.	46,00	4,25	Betancourt.
=	1,133	Muncke.	47,00	4,45	=
30,27	1,501	Robison	48,00	4,75	=
=	1,745	Ure.	48,07	4,831	Robison.
31,00	1,65	Betancourt.	=	5,413	Ure.
31,16	1,839	Southern.	48,89	5,06	Watt.
32,00	1,62	Watt.	48,96	5,723	Southern.
=	1,78	Betancourt.	49,00	5,00	Betancourt.
32,49	1,970	Ure.	50,00	5,35	=
33,00	1,90	Betancourt.	=	6,40	Schmidt.
=	2,23	Schmidt.	=	6,027	Dalton.
34,00	2,00	Betancourt.	50,30	6,192	Ure.
34,72	2,111	Robison.	51,00	5,70	Betancourt.
=	2,304	Ure.	51,56	6,00	Watt.
35,00	2,15	Betancourt.	52,00	6,05	Betancourt.
=	2,68	Schmidt.	52,52	6,305	Robison.
=	2,415	Dalton.	=	7,065	Ure.
35,61	2,496	Southern.	53,00	6,50	Betancourt.
36,00	2,27	Betancourt.	53,41	7,412	Southern.
36,94	2,636	Ure.	53,78	6,84	Watt.
37,00	2,45	Betancourt.	54,00	6,90	Betancourt.
38,00	2,57	=	54,75	7,975	Ure.
38,22	2,44	Watt.	55,00	7,32	Betancourt.
39,00	2,75	Betancourt.	=	8,55	Schmidt.
39,17	2,815	Robison.	=	7,987	Dalton.
=	3,096	Ure.	55,56	7,72	Watt.
40,00	2,92	Betancourt.	56,00	7,85	Betancourt.
=	3,64	Schmidt.	56,97	8,116	Robison.
=	3,274	Dalton.	=	9,007	Ure.
40,06	3,359	Southern.	57,00	8,40	Betancourt.
41,00	3,10	Betancourt.	57,33	8,61	Watt.
41,40	3,593	Ure.	57,87	9,429	Southern.
42,00	3,27	Betancourt.	58,00	8,85	Betancourt.
42,67	3,75	Watt.	=	10,14	Schmidt.
43,00	3,47	Betancourt.	58,67	9,40	Watt.
43,62	3,706	Robison.	59,00	9,35	Betancourt.

Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.	Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.
59,00	10,42	Schmidt.	72,00	18,70	Betancourt.
59,20	10,13	Ure.	=	19,71	Schmidt.
60,00	10,32	Watt.	72,55	19,80	Ure.
=	9,95	Betancourt.	73,00	19,50	Betancourt.
=	10,98	Schmidt.	=	20,61	Schmidt.
=	10,500	Dalton.	73,08	20,80	Watt.
61,00	10,40	Betancourt.	74,00	20,60	Betancourt.
61,43	10,368	Robison.	=	21,80	Schmidt.
=	11,31	Ure.	74,78	21,223	Robison.
62,00	11,00	Betancourt.	=	22,14	Ure.
=	12,24	Schmidt.	75,00	21,75	Betancourt.
62,22	11,07	Watt.	=	22,29	Schmidt.
62,32	11,935	Southern.	=	22,356	Dalton.
63,00	11,70	Betancourt.	75,67	23,090	Southern.
63,56	12,07	Watt.	76,00	22,90	Betancourt.
63,65	12,74	Ure.	77,00	24,15	=
64,00	12,40	Betancourt.	=	24,30	Ure.
64,67	12,95	Watt.	78,00	25,50	Betancourt.
65,00	13,20	Betancourt.	79,00	26,67	=
=	14,07	Schmidt.	79,23	26,881	Robison.
=	13,632	Dalton.	=	27,10	Ure
65,78	13,80	Watt.	80,00	28,00	Betancourt.
65,88	13,182	Robison.	=	28,00	Schmidt.
=	14,22	Ure.	=	28,005	Arzberger.
66,00	13,80	Betancourt.	=	28,14	Taylor.
66,77	15,021	Southern.	=	28,071	Dulong.
66,89	14,70	Watt.	80,12	28,147	Robison.
67,00	14,50	Betancourt.	=	28,148	Southern.
68,00	15,56	Watt.	=	28,15	Ure.
=	15,25	Betancourt.	80,44	28,15	Watt.
68,10	15,86	Ure.	81,00	29,60	Betancourt.
68,89	16,30	Watt.	81,33	29,38	Watt.
69,00	16,10	Betancourt.	82,00	31,30	Betancourt.
69,78	17,20	Watt.	=	31,05	Schmidt.
70,00	16,90	Betancourt.	82,17	31,34	Ure.
=	17,92	Schmidt.	82,22	29,95	Watt.
=	17,551	Dalton.	83,00	33,00	Betancourt.
70,33	16,748	Robison.	=	32,56	Schmidt.
=	17,83	Ure.	83,11	30,75	Watt.
70,67	18,17	Watt.	83,68	33,589	Robison.
71,00	17,80	Betancourt.	=	33,35	Ure.
=	18,66	Schmidt.	83,78	31,88	Watt.
71,22	18,803	Southern.	84,00	34,60	Betancourt.
71,78	19,00	Watt.	=	33,98	Schmidt.

Digitized by Google

Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.	Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.
84,44	32,85	Watt.	92,00	48,02	Schmidt.
84,80	34,447	Christian.	=	45,436	Christian.
85,00	36,45	Betancourt.	92,44	45,93	Watt.
=	35,39	Schmidt.	92,58	51,510	Robison.
85,11	33,75	Watt.	=	48,51	Ure.
85,71	34,65	=	92,80	47,539	Christian.
85,91	36,69	Ure.	93,00	53,00	Betancourt.
86,00	38,10	Betancourt.	=	50,03	Schmidt.
=	36,91	Schmidt.	=	51,20	Mayer.
86,45	35,65	Watt.	93,47	50,29	Ure.
86,49	37,62	Ure.	93,55	46,93	Watt.
87,00	40,00	Betancourt.	93,60	49,007	Christian.
=	38,42	Schmidt.	94,00	55,30	Betancourt.
87,11	36,55	Watt.	=	51,84	Schmidt.
87,78	37,50	=	94,40	51,099	Christian.
88,00	42,20	Betancourt.	94,45	48,81	Watt.
=	40,24	Schmidt.	94,81	52,86	Ure.
=	38,788	Christian.	95,00	57,80	Betancourt.
88,13	41,751	Robison.	=	54,18	Schmidt.
=	40,44	Ure.	95,20	52,699	Christian.
88,35	40,81	=	95,56	50,60	Watt.
88,44	38,43	Watt.	96,00	60,50	Betancourt.
88,80	40,020	Christian.	=	56,71	Schmidt.
89,00	44,30	Betancourt.	=	54,422	Christian.
=	41,86	Schmidt.	=	53,64	Taylor.
=	41,114	Arzberger.	96,22	52,51	Watt.
89,11	39,33	Watt.	96,37	56,67	Ure.
89,60	41,251	Christian.	96,50	54,797	Arzberger.
89,76	42,107	Dulong.	96,80	55,531	Christian.
89,78	40,22	Watt.	97,00	63,40	Betancourt.
90,00	46,40	Betancourt.	=	59,18	Schmidt.
=	43,77	Schmidt.	97,03	62,675	Robison.
90,14	43,91	Ure.	=	56,295	Southern.
90,22	41,20	Watt.	=	58,08	Ure.
90,36	44,30	Ure.	97,11	54,40	Watt.
90,40	42,728	Christian.	97,60	57,754	Christian.
90,89	42,23	Watt.	=	56,143	Taylor.
91,00	48,40	Betancourt.	97,80	56,00	Héron de Villefosse.
=	45,89	Schmidt.			
91,20	44,205	Christian.	98,00	56,30	Watt.
91,34	43,15	Watt.	=	66,20	Betancourt.
91,78	44,00	=	=	61,75	Schmidt.
91,92	47,20	Ure.	98,40	59,346	Christian.
92,00	50,50	Betancourt.	99,00	69,00	Betancourt.

Digitized by Google

Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.	Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.
99,00	64,28	Schmidt.	106,89	76,87	Watt.
99,11	58,20	Watt.	107,00	91,30	Betancourt.
99,20	61,316	Christian.	=	88,22	Schmidt.
99,26	63,10	Ure.	107,20	85,813	Christian.
100,00	60,10	Watt.	107,50	82,151	Arzberger.
=	71,80	Betancourt.	108,00	93,50	Betancourt.
=	67,00	Schmidt.	=	92,06	Schmidt.
=	63,286	Christian.	=	88,275	Christian.
100,80	64,886	=	=	84,214	Dulong.
100,89	61,93	Watt.	108,16	87,75	Ure.
101,00	75,00	Betancourt.	108,80	91,598	Christian.
=	69,53	Schmidt.	109,00	95,60	Betancourt.
101,48	75,341	Robison.	=	96,20	Schmidt.
101,49	67,84	Ure.	109,60	94,029	Christian.
101,60	67,348	Christian.	110,00	98,00	Betancourt.
101,78	63,81	Watt.	=	100,72	Schmidt.
102,00	78,20	Betancourt.	110,39	99,360	Robison.
=	72,46	Schmidt.	=	95,61	Ure.
102,40	69,564	Christian.	110,40	97,507	Christian.
102,45	65,60	Watt.	111,00	104,35	Schmidt.
103,00	81,00	Betancourt.	111,10	84,00	Héron de Ville-fosse.
=	75,29	Schmidt.			
103,20	72,026	Christian.	111,20	100,09	Christian.
=	70,178	Taylor.	112,00	109,18	Schmidt.
103,34	67,40	Watt.	=	102,68	Christian.
103,71	73,22	Ure.	=	97,38	Taylor.
104,00	84,00	Betancourt.	112,36	98,250	Dulong.
=	78,22	Schmidt.	112,70	105,3	Ure.
=	74,390	Christian.	112,80	105,51	Christian.
=	72,37	Taylor.	113,00	113,10	Schmidt.
104,22	69,30	Watt.	113,60	108,09	Christian.
104,80	76,334	Christian.	114,00	117,12	Schmidt.
104,89	71,21	Watt.	114,40	111,05	Christian.
105,00	86,80	Betancourt.	114,84	112,7	Ure.
=	80,95	Schmidt.	115,20	114,13	Christian.
=	81,20	Mayer.	116,00	117,21	=
105,56	73,10	Watt.	116,16	112,285	Dulong.
105,60	79,782	Christian.	116,35	112,590	Southern.
105,94	88,289	Robison.	116,80	120,28	Christian.
=	80,97	Ure.	117,06	121,0	Ure.
106,00	89,00	Betancourt.	117,60	123,48	Christian.
=	84,99	Schmidt.	118,40	127,05	=
106,22	75,00	Watt.	119,20	130,25	=
106,40	83,105	Christian.	119,29	131,1	Ure.

Digitized by Google

Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.	Temper. R.	Elasticität in Par. Zollen.	Beobachter.
120,00	133,94	Christian.	128,00	168,42	Taylor.
=	129,73	Taylor.	128,80	170,41	Christian.
=	126,321	Dulong.	129,00	164,22	Arzberger.
120,80	137,76	Christian.	129,20	168,428	Dulong.
121,30	112,00	Héron de Villefosse.	129,60	176,59	Christian.
			130,80	182,77	=
121,52	141,3	Ure.	131,76	182,464	Dulong.
121,60	142,56	Christian.	132,00	188,95	Christian.
122,40	145,03	=	132,80	195,13	=
123,20	148,72	=	134,00	201,31	=
=	140,357	Dulong.	134,40	207,49	=
123,74	151,3	Ure.	=	196,500	Dulong.
124,00	153,27	Christian.	135,20	213,67	Christian.
124,63	156,0	Ure.	136,00	219,85	=
124,80	157,09	Christian.	136,24	210,535	Dulong.
125,60	161,15	=	138,40	224,571	=
126,40	165,96	=	138,69	225,180	Southern.
=	154,392	Dulong.	151,00	398,00	Arzberger.
127,20	169,89	Christian.	178,00	574,53	=
128,00	175,43	=			

Nach den genauesten Beobachtungen, wie sie die Erfahrung gegeben hat, sind nun von verschiedenen Mathematikern Formeln entwickelt und darnach Tabellen berechnet worden, welche die Elasticität des Dampfes bei den verschiedenen Temperaturen angeben. Die folgende Tabelle ist von Arzberger berechnet worden. Er hat dabei diejenigen sehr genauen Versuche zu Grunde gelegt, die er selbst im Jahre 1818 angestellt hat, und von denen schon oben gesprochen, so wie sie in die vorhergehende Tabelle aufgenommen sind. Es wird von Prechtl zu dieser Tabelle bemerkt: Die Versuche, welche zu Grunde gelegt worden, sind unter denselben Umständen vorgenommen worden, unter welchen die Elasticität des Dampfes bei seinen praktischen Anwendungen, zumahl in Dampfmaschinen, beobachtet wird. Die sechste Kolummne der Tafel enthält die Anzahl der Kubikfuß Wasserdampf von der zugehörigen Temperatur, welche aus einem Pfunde W. Wasser von mittlerer Temperatur gebildet werden, wobei das Gewicht eines Wiener Kubikfußes Wasser von dieser Temperatur zu 56,3 Pfund genommen ist. Die siebente Kolumne enthält die Dichtigkeit des Dampfes gegen Wasser von dieser Temperatur, also die Dichtigkeit des Wassers = 1 genommen. Diese Zahlen entstehen auch, indem man die Anzahl der Kubikfuße der sechsten Kolumne mit 56,3 multiplicirt, und mit diesem Producte 1 dividirt. *)

*) Die Formel, nach welcher Arzberger die Tafel berechnet hat, ist

$$\log. E = 4{,}5237 - \frac{1085{,}7}{160+t} \text{ und } t = \frac{1085{,}7}{4{,}5237 - \log. E} - 160.$$

Digitized by Google

Temperatur.		Elasticität.			Anzahl der Cubikfuße Dampf aus einem Pfund Wasser = k.	Dichtigkeit des Dampfes gegen jene des Wassers = 1.
		Ausgedrückt.				
nach R.	nach C.	in Quecksilbersäulen. nach		in Wien. Pfunden auf den Qu. Z.		
		Wien. Z.	Par. Z.			
0°	0°	0,132	0,128	0,058	4785,6	0,0000037
1	1,25	0,146	0,142	0,065	4333,7	0,0000041
2	3,5	0,162	0,157	0,072	3931,5	0,0000045
3	4,75	0,179	0,174	0,079	3571,3	0,0000050
4	5	0,198	0,192	0,087	3248,5	0,0000055
5	6,25	0,218	0,212	0,096	2958,7	0,0000060
6	7,5	0,240	0,234	0,106	2698,2	0,0000066
7	8,75	0,264	0,257	0,117	2463,8	0,0000072
8	10	0,290	0,282	0,128	2252,4	0,0000079
9	11,25	0,319	0,310	0,141	2061,7	0,0000086
10	12,5	0,349	0,340	0,155	1889,3	0,0000094
11	13,75	0,382	0,372	0,169	1733,5	0,000010
12	15	0,418	0,407	0,185	1592,2	0,000011
13	16,25	0,457	0,444	0,202	1464,0	0,000012
14	17,5	0,498	0,485	0,220	1347,6	0,000013
15	18,75	0,543	0,529	0,240	1241,9	0,000014
16	20	0,591	0,575	0,262	1145,7	0,000015
17	21,25	0,643	0,626	0,285	1057,9	0,000017
18	22,5	0,699	0,680	0,309	977,95	0,000018
19	23,75	0,759	0,738	0,336	904,86	0,000020
20	25	0,823	0,801	0,364	838,06	0,000021
21	26,25	0,891	0,867	0,394	776,93	0,000023
22	27,5	0,964	0,939	0,427	720,95	0,000025
23	28,75	1,043	1,015	0,461	669,60	0,000027
24	30	1,127	1,096	0,498	622,46	0,000029
25	31,25	1,216	1,183	0,538	579,17	0,000031
26	32,5	1,311	1,267	0,580	539,35	0,000033
27	33,75	1,413	1,375	0,625	502,69	0,000035
28	35	1,521	1,480	0,673	468,92	0,000038
29	36,25	1,636	1,592	0,724	437,78	0,000041
30	37,5	1,758	1,711	0,778	409,05	0,000043
31	38,75	1,888	1,837	0,835	382,49	0,000046
32	40	2,025	1,971	0,896	357,94	0,000050
33	41,25	2,171	2,113	0,961	335,23	0,000053
34	42,5	2,326	2,264	1,029	314,18	0,000057
35	43,75	2,490	2,423	1,102	294,69	0,000060
36	45	2,664	2,592	1,179	276,60	0,000064
37	46,25	2,847	2,771	1,260	259,81	0,000068
38	47,5	3,041	2,960	1,346	244,21	0,000073
39	48,75	3,246	3,159	1,436	229,71	0,000077
40	50	3,463	3,369	1,532	216,20	0,000082
41	51,25	3,691	3,592	1,633	203,65	0,000087
42	52,5	3,931	3,826	1,740	191,93	0,000093
43	53,75	4,185	4,072	1,852	181,01	0,000098
44	55	4,452	4,332	1,970	170,82	0,000104
45	56,25	4,733	4,606	2,094	161,31	0,000110

wo E die Elasticität des Dampfes in Atmosphären und t die Temperatur nach Graden R. bezeichnet.

Digitized by Google

Temperatur.		Elasticität.			Anzahl der Cubikfuße Dampf aus einem Pfund Wasser = k.	Dichtigkeit des Dampfes gegen jene des Wassers = 1.
		Ausgedrückt				
		in Quecksilbersäulen nach		in Wien. Pfunden auf den Qu. Z.		
nach R.	nach C.	Wien. Z.	Par. Z.			
46	57,5	5,028	4,893	2,225	152,42	0,000117
47	58,75	5,339	5,195	2,362	144,10	0,000123
48	60	5,665	5,513	2,507	136,32	0,000130
49	61,25	6,008	5,846	2,658	129,04	0,000138
50	62,5	6,368	6,197	2,818	122,21	0,000145
51	63,75	6,745	6,564	2,985	115,82	0,000153
52	65	7,141	6,948	3,160	109,82	0,000162
53	66,25	7,555	7,352	3,343	104,18	0,000170
54	67,5	7,989	7,774	3,535	98,895	0,000180
55	68,75	8,443	8,216	3,736	93,922	0,000189
56	70	8,919	8,679	3,946	89,250	0,000199
57	71,25	9,416	9,162	4,166	84,852	0,000209
58	72,5	9,935	9,668	4,396	80,712	0,000220
59	73,75	10,478	10,196	4,636	76,813	0,000231
60	75	11,045	10,748	4,887	73,140	0,000243
61	76,25	11,637	11,324	5,149	69,673	0,000255
62	77,5	12,254	11,924	5,423	66,405	0,000267
63	78,75	12,897	12,551	5,707	63,320	0,000281
64	80	13,569	13,204	6,004	60,406	0,000294
65	81,25	14,268	13,884	6,313	57,653	0,000308
66	82,5	14,997	14,593	6,636	55,049	0,000323
67	83,75	15,755	15,331	6,971	52,589	0,000338
68	85	16,544	16,099	7,320	50,258	0,000353
69	86,25	17,365	16,898	7,684	48,053	0,000370
70	87,5	18,219	17,729	8,062	45,963	0,000386
71	88,75	19,107	18,592	8,454	43,984	0,000404
72	90	20,029	19,490	8,862	42,106	0,000422
73	91,25	20,987	20,422	9,286	40,325	0,000440
74	92,5	21,981	21,389	9,726	38,636	0,000460
75	93,75	23,012	22,393	10,182	37,032	0,000480
76	95	24,083	23,436	10,657	35,508	0,000500
77	96,25	25,194	24,516	11,148	34,059	0,000521
78	97,5	26,345	25,636	11,657	32,685	0,000543
79	98,75	27,538	26,797	12,185	31,376	0,000566
80	100	28,775	28,001	12,732	30,129	0,000589
81	101,25	30,056	29,247	13,299	28,954	0,000614
82	102,5	31,381	30,537	13,885	27,817	0,000639
83	103,75	32,752	31,871	14,492	26,742	0,000664
84	105	34,173	33,254	15,121	25,718	0,000691
85	106,25	35,641	34,682	15,770	24,741	0,000718
86	107,5	37,158	36,159	16,442	23,810	0,000746
87	108,75	38,729	37,687	17,136	22,922	0,000775
88	110	40,351	39,265	17,854	22,073	0,000805
89	111,25	42,025	40,895	18,595	21,264	0,000835
90	112,5	43,755	42,578	19,361	20,491	0,000867
91	113,75	45,542	44,317	20,151	19,752	0,000899
92	115	47,387	46,112	20,967	19,046	0,000933
93	116,25	49,288	47,962	21,809	18,371	0,000967
94	117,5	51,251	49,872	22,677	17,725	0,001002
95	118,75	53,275	51,842	23,573	17,107	0,001038

Digitized by Google

Temperatur		Elasticität.			Anzahl der Kubikfuße Dampf aus einem Pfund Wasser = k	Dichtigkeit des Dampfes gegen jene des Wassers = 1.
		Ausgedrückt				
		in Quecksilbersäulen nach		in Wien. Pfunden auf den Qu. Z.		
nach R.	nach C.	Wien. Z.	Par. Z.			
96	120	55,361	53,873	24,496	16,516	0,001075
97	121,25	57,513	55,965	25,448	15,949	0,001114
98	122,5	59,729	58,122	26,429	15,408	0,001153
99	123,75	62,010	60,342	27,438	14,888	0,001193
100	125	64,361	62,631	28,479	14,390	0,001234
101	126,25	66,783	64,988	29,550	13,912	0,001277
102	127,5	69,277	67,413	30,653	13,455	0,001320
103	128,75	71,840	69,907	31,787	13,016	0,001365
104	130	74,477	72,474	32,955	12,595	0,001410
105	131,25	77,192	75,115	34,155	12,189	0,001457
106	132,5	79,980	77,829	35,389	11,802	0,001505
107	133,75	82,850	80,621	36,659	11,429	0,001554
108	135	85,796	83,490	37,963	11,070	0,001604
109	136,25	88,828	86,440	39,305	10,727	0,001656
110	137,5	91,940	89,466	40,681	10,395	0,001709
111	138,75	95,134	92,576	42,095	10,077	0,001762
112	140	98,420	95,772	43,548	9,771	0,001818
113	141,25	101,79	99,054	45,040	9,477	0,001874
114	142,5	105,25	102,42	46,570	9,194	0,001932
115	143,75	108,80	105,87	48,141	8,921	0,001991
116	145	112,44	109,42	49,754	8,658	0,002052
117	146,25	116,18	113,06	51,408	8,405	0,002113
118	147,5	120,01	116,79	53,104	8,161	0,002176
119	148,75	123,95	120,61	54,843	7,926	0,002241
120	150	127,97	124,52	56,623	7,700	0,002307
121	151,25	132,10	128,54	58,450	7,482	0,002374
122	152,5	136,32	132,66	60,321	7,271	0,002443
123	153,75	140,66	136,88	62,239	7,068	0,002513
124	155	145,10	141,19	64,203	6,873	0,002584
125	156,25	149,65	145,62	66,216	6,684	0,002658
126	157,5	154,30	150,15	68,273	6,501	0,002732
127	158,75	159,07	154,79	70,383	6,325	0,002808
128	160	163,94	159,53	72,538	6,155	0,002886
129	161,25	168,94	164,39	74,750	5,990	0,002965
130	162,5	174,04	169,36	77,010	5,832	0,003046
131	163,75	179,27	174,44	79,322	5,678	0,003128
132	165	184,61	179,64	81,684	5,530	0,003212
133	166,25	190,07	184,96	84,102	5,387	0,003298
134	167,5	195,66	190,40	86,574	5,248	0,003385
135	168,75	201,37	195,95	89,100	5,114	0,003473
136	170	207,20	201,63	91,684	4,984	0,003564
137	171,25	213,17	207,44	94,325	4,858	0,003656
138	172,5	219,26	213,37	97,020	4,737	0,003750
139	173,75	225,49	219,42	99,773	4,619	0,003845
140	175	231,85	225,61	102,59	4,505	0,003942
141	176,25	238,34	231,93	105,46	4,395	0,004041
142	177,5	244,97	238,38	108,39	4,288	0,004142
143	178,75	251,75	244,97	111,39	4,185	0,004245
144	180	258,65	251,70	114,45	4,084	0,004349
145	181,25	265,71	258,56	117,57	3,987	0,004455

Digitized by Google

Temperatur		Elasticität.			Anzahl der Kubikfuße Dampf aus einem Pfund Wasser. = k.	Dichtigkeit des Dampfes gegen jene des Wassers = 1.
		Ausgedrückt				
		in Quecksilbersäulen nach		in Wien. Pfunden auf den Qu. Z.		
nach R.	nach C.	Wien. Z.	Par. Z.			
146	182,5	272,90	265,56	120,75	3,893	0,004563
147	183,75	280,25	272,71	124,00	3,801	0,004673
148	185	287,74	280,00	127,32	3,712	0,004785
149	186,25	295,38	287,43	130,70	3,626	0,004898
150	187,5	303,17	295,02	134,15	3,543	0,005013
151	188,75	311,11	302,75	137,66	3,462	0,005131
152	190	319,21	310,63	141,25	3,383	0,005250
153	191,25	327,47	318,66	144,90	3,307	0,005371
154	192,5	335,89	326,86	148,63	3,233	0,005494
155	193,75	344,47	335,20	152,42	3,161	0,005619
156	195	353,21	343,71	156,29	3,091	0,005746
157	196,25	362,11	352,37	160,24	3,024	0,005875
158	197,5	371,17	361,19	164,24	2,958	0,006006
159	198,75	380,42	370,19	168,34	2,894	0,006138
160	200	389,84	379,35	172,49	2,831	0,006274
161	201,25	399,41	388,67	176,73	2,771	0,006410
162	202,5	409,17	389,16	181,05	2,712	0,006550
163	203,75	419,10	407,83	185,44	2,655	0,006691
164	205	429,21	417,67	189,92	2,599	0,006834
165	206,25	439,50	427,68	194,47	2,545	0,006979
166	207,5	449,97	437,87	199,10	2,492	0,007127
167	208,75	460,62	448,23	203,81	2,441	0,007276
168	210	471,47	458,79	208,61	2,391	0,007428
169	211,25	482,49	469,52	213,49	2,343	0,007582
170	212,5	493,72	480,44	218,46	2,295	0,007738
171	213,75	505,11	491,53	223,51	2,250	0,007896
172	215	516,72	502,83	228,64	2,205	0,008056
173	216,25	528,52	514,30	233,86	2,161	0,008219
174	217,5	540,51	525,98	239,17	2,119	0,008384
175	218,75	552,70	537,84	244,56	2,077	0,008551
176	220	565,10	549,89	250,04	2,037	0,008720
177	221,25	577,69	562,15	255,61	1,998	0,008891
178	222,5	590,50	574,62	261,28	1,959	0,009065
179	223,75	603,50	587,27	267,04	1,922	0,009241
180	225	616,71	600,12	272,88	1,886	0,009420

Digitized by Google

Von großer Wichtigkeit sind die neuesten Versuche, welche die Akademie der Wissenschaften in Paris durch eine Commission, deren Mitglieder Dulong und Arago waren, hat anstellen lassen. Da bisher nur von Arzberger genaue Versuche über die Elasticität des Wasserdampfes bei hohen Temperaturen angestellt worden waren, diese aber namentlich zu festeren Bestimmungen über die bei Dampfmaschinen anzuwendenden Sicherheitsmaßregeln, von Wichtigkeit sind, so sollten von den französischen Physikern vorzüglich über höhere Temperaturen Untersuchungen angestellt werden. Ueber die Versuche von Arzberger urtheilten die französischen Physiker, daß die Angabe der Temperaturen stets zu groß sei. Indem nämlich die Thermometerkugel bei diesen Versuchen unmittelbar in das Wasser gesenkt wurde, mußte sie durch den großen Druck der Dämpfe zusammengepreßt werden, während die Scaleröhre ungleich erwärmt wurde, und deßwegen konnte die Angabe der Temperaturen nicht anders als zu hoch ausfallen. Die französischen Physiker suchten diesen Uebelstand dadurch zu vermeiden, daß sie die Thermometer dem Drucke des Dampfes nicht unmittelbar aussetzten, sondern dieselben in das Innere von, in den Dampfkessel eingesenkten, mit Quecksilber gefüllten, eisernen Flintenläufen brachten. Sie beobachteten übrigens die Temperatur mit zwei Thermometern, die ungleich tief in den Dampfkessel eingesenkt waren. Das kürzere, welches nicht bis über $\frac{1}{4}$ der Tiefe des Dampfkessels hinabreichte, und sich über der Oberfläche des Wassers befand, diente die Temperatur des Dampfes zu bestimmen, während das längere Thermometer, welches bis zum Boden des Dampfkessels reichte, die Temperatur des noch tropfbarflüssigen Wassers angab.

Mehr noch als diese Art, die Thermometer anzubringen, scheint zu künftigen Versuchen eine von Prechtl angegebene Vorrichtung empfehlenswerth. Man soll die Thermometerröhre offen lassen, und dieselbe in eine weitere, oben geschlossene, unten offene Glasröhre stecken, und so darin befestigen, daß die Thermometerkugel unten aus derselben hervorragt. Wird die Röhre mit dem unteren Theile im Dampfgefäße befestigt, so ist die Kugel der unmittelbaren Berührung der Dämpfe ausgesetzt, und es sind jene Fehler der Arzberger'schen Versuche doch vermieden. In der äußeren Röhre steigt nämlich der Dampf empor und drückt von oben auf das Quecksilber eben so stark als unten auf die Kugel, indem zugleich die ganze Thermometerröhre durch den sie rings umgebenden Dampf gleichmäßig erwärmt wird.

Die französischen Physiker begannen ihre Untersuchungen damit, daß sie durch Versuche darthaten, daß bis auf einen Druck von 27 Atmosphären das Mariottische Gesetz seine Giltigkeit habe, d. h. daß eine Luftmasse genau nach Verhältniß des auf ihr lastenden Druckes sich in einen engeren Raum zusammenziehe. Die Resultate der hiernach angestellten Versuche gibt die folgende Tabelle an. Dieselbe enthält indeß nicht die directen Beobachtungen (deren 30, von 2,14 bis 23,994 Atmosphären gehend, angestellt wurden), sondern die Zahlenbestimmungen sind nach Formeln berechnet, welche Resultate geben, die mit den beobachteten Größen so genau übereinstimmen, daß man auch

Digitized by Google

die nicht durch die Beobachtung bestätigten Bestimmungen als richtig annehmen kann. Was den Ausdruck in Atmosphären betrifft, so zeigt gleich die erste Zeile, daß 1 Atmosphäre gleichbedeutend mit 0,76^{m} ist.

Temperatur nach C.	Elasticität in Meters des Queckſilbers bei 0°.	Elasticität in Atmoſphären zu 0,76 Met. Bar.	Druck auf einen Quadratcentimeter in Kilogrammen.
100°	0^{m},76	1	1,033
112,2	1,14	1½	1,549
121,4	1,52	2	2,066
128,8	1,90	2½	2,582
135,1	2,28	3	3,099
140,6	2,66	3½	3,615
145,4	3,04	4	4,132
149,6	3,42	4½	4,648
153,8	3,80	5	5,165
156,8	4,18	5½	5,681
160,2	4,56	6	6,198
163,48	4,94	6½	6,714
166,5	5,32	7	7,231
169,37	5,70	7½	7,747
172,2	6,08	8	8,264
176,1	6,84	9	9,297
187,6	7,60	10	10,330
181,3	8,36	11	11,363
196	9,12	12	12,396
190,7	9,88	13	13,429
193,19	10,64	14	14,462
200,48	11,40	15	15,495
203,6	12,16	16	16,528
206,57	12,92	17	17,561
209,4	13,68	18	18,594
212,2	14,44	19	19,627
214,7	15,20	20	20,660
217,2	15,96	21	21,693
219,6	16,72	22	22,726
221,9	17,48	23	23,759
224,2	18,24	24	24,792
226,3	19,00	25	25,825
336,2	22,80	30	30,990
244,85	26,60	35	36,155
252,55	30,40	40	41,320
259,52	34,20	45	46,485
265,89	38,00	50	51,650

Digitized by Google

Die vorhergehenden Bestimmungen beziehen sich sämmtlich auf reines Wasser*). Enthält dagegen das Wasser Salze aufgelöst, wie das

---

*) Eine Zusammenstellung und Beurtheilung sämmtlicher zu Berechnung der Elasticität des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen aufgestellter Formeln, gibt Egen. Diese Formeln sind folgende. (Die Elasticität in Atmosphären ist durch e, in pariser Zollen durch E, in englischen Zollen durch E′, in Metern durch E″; die Temperatur in Graden nach Celsius durch t, in Graden nach Fahrenheit durch t′, in Graden nach Réaumur durch T bezeichnet.)

1. Formel von Prony $E = 10^{\frac{m+nT}{1}} - 10^{\frac{m'+n'T}{1}} - 10^{\frac{sT-r}{1}} - 10^{\frac{s'T-r'}{1}}$

wobei $m = 0{,}068831$ $m' = 0{,}068605$ $s = 0{,}058576$ $s' = 0{,}049157$
$n = 0{,}019438$ $n' = 0{,}013490$ $r = 4{,}686080$ $r' = 3{,}932560$

Da sie den mangelhaften Beobachtungen von Betancourt angepaßt ist, so ist sie selbst nicht zuverlässig.

2. Spätere vereinfachte Formel von Prony, die an derselben Fehlerhaftigkeit wie die vorhergehende mangelt.

$$E = m^{r^T} + m_{,}^{r_{,}^T} + m_{,,}^{r_{,,}^T}$$

wobei $m = -0{,}0000007246$ $m_{,} = 0{,}8648188303$ $m_{,,} = -0{,}8648181057$
$r = 1{,}172805$ $r_{,} = 1{,}047773$ $r_{,,} = 1{,}028189$

3. Formel von Schmidt $E = 1{,}4113 + 0{,}005 \cdot T$

Die gleichfalls mangelhaft, weil sie auf fehlerhaften Beobachtungen beruht.

4. Formel von Soldner nach Daltons Beobachtungen (wie die von Laplace und Biot.)

$$\log E' = \log 30'', 13 - \frac{(280 - T)\ (80 - T)}{10280}$$

Ueber den Siedep. hinaus wird sie ungenau.

5. Formel von Laplace $\log E'' = \log 0{,}76 + 0{,}0154547\ (t - 100) - 0{,}0000625826\ (t - 100)^2$

Gibt bei hohen Temperaturen starke Abweichungen.

6. Biot's Formel. $\log E' = \log 30 - 0{,}0153741955\, t - 0{,}00006742735\, t^2 + 0{,}00000003381\, t^3$

In höheren Temperaturen von den Beobachtungen sehr abweichend.

7. Ivory's Formel nach Beob. von Ure.

$\log. E' = 30 + 0{,}0087466\ (t' - 212) - 0{,}000015178\ (t' - 212)^2 + 0{,}000000024825\ (t' - 100)^3$

Ueber dem Siedepunkt fehlerhaft.

8. Paucker's Formel:

$\log E' = \log. 30 - 0{,}019127878274\ (80 - T) - 0{,}0001096547488\ (80 - T)^2 + 0{,}00000010953936\ (80 - T)^3$

Stimmt nur so weit als sie den Beobachtungen angepaßt ist.

9. Kämtz's Formel:

$\log E = 2{,}5263393 - 0{,}01950230219\ (80 - T) - 0{,}00007404868\ (80 - T)^2 - 0{,}0000066252\ (80 - T)^3 + 0{,}00000000399\ (80 - T)^4$

Fehler in höheren Temperaturen.

10. Formel von August. $\log 12\, E = \frac{23{,}945371\ T'}{800 + 3\, T'} - 2{,}2960383$

wobei T′ Réaum. Gr. des Lufttherm. bezeichnet. Ist gleichfalls in höheren Temperaturen unrichtig.

11. Dalton gibt die Regel, daß wenn 1,25 mit a und 0,015 mit b bezeichnet wird, Temperaturen und Elasticitäten in folgender Art zusammen gehören:

Digitized by Google

Meerwasser, so ist ein größerer Hitzegrad nöthig, um das Sieden desselben zu bewirken. Der Siedepunkt liegt um so höher, je größer der

---

	Temperatur in Gr. F.	Elasticität nach engl. Zollen.
	212	30
		$(a-b)$
	$212+1\,(11\frac{1}{4})$	30
		$(a-b)\,(a-2b)$
	$112+2\,(11\frac{1}{4})$	30
		$(a-b)\,(a-2\,b)\ldots(a-m\,b)$
	$212+m\,(11\frac{1}{4})$	30
		$\frac{1}{a}$
Ferner:	$212-1\,(11\frac{1}{4})$	30
		$\frac{1}{a(a+b)}$
	$212-2\,(11\frac{1}{4})$	30
		$\frac{1}{a(a+b)\ldots(a+(a-m)\,b)}$
	$212-m\,(11\frac{1}{4})$	30

Für m dürfen nur ganze Zahlen angenommen werden. Die Regel führt auf Unrichtigkeiten.

12. Eben so die Regel von Ure. Die Temperatur und Elasticität sollen sich in folgender Art entsprechen:

	210° F	28″,9 engl.
	210+10	28,9 (1,23)
	210+20	28,9 (1,23) (1,22)
	210+m 10	28,9 (1,23) (1,22) . . . (1,23 − 0,01 m)
Ferner:	210−10	28,9 : (1,24)
	210−20	28,9 : (1,24) (1,25)
	210−m 10	28,9 : (1,24) (1,25) . . . (1,23 + 0,01 m)

13. Evans behauptet, die Elasticität verdoppele sich, wenn die Temperatur um $16\frac{2}{3}$° C. wächst. Beiläufig richtig für eine Temp. von 80° C., über dieser Temp. bedarf es einer größeren Wärmezunahme, unter derselben einer geringeren, wenn die Elasticität sich verdoppeln soll.

14. Nach Christian soll sich die Expansivkraft verdoppeln, wenn die Temp. um 22° C. steigt. Nur unmittelbar über dem Siedepunkt beiläufig richtig.

15. Nach einer andern Behauptung von Christian soll für jeden Grad Temperaturzunahme die Elasticität 1,032 mal so groß werden. Gibt über dem Siedepunkt viel zu hohe Elasticitäten an.

16. Tregaski's Behauptung, daß Elasticität und Temperatur in ihrer Zunahme geometrische Progressionen bilden, deren Exponenten respective 1 und 1,2 sind, führt in hohen Temperaturen zu bedeutend abweichenden Resultaten.

17. Die Formel von Young (in der f Fahrenh. Gr. vom Aufthaupunkte an gerechnet sind)

$$E' = 0{,}1781\ (1+0{,}006\,f)^7$$

gibt in der Nähe des Aufthaupunktes viel zu kleine und hoch über denselben hinaus viel zu große Resultate; noch unrichtiger ist die andere

18. Formel von Young $E' = 0{,}18+0{,}007\,f+0{,}00019\,f^2$, wo f die Bedeutung wie bei der vorigen Formel hat.

19. Southern's Formel $\log(E'-0{,}1) = 5{,}13\log(t'+52) - 10{,}97427$ ist mit einigen Abänderungen

20. John Farey's Formel $\log(E'-0{,}1) = 5{,}13\log(t'+51{,}3) - 10{,}94123$ welche in sehr niedrigen und in hohen Temperaturen zu große Resultate gibt, aber den Beobachtungen mehr als die früheren Formeln entspricht.

Digitized by Google

Salzgehalt des Wassers ist. Die Elasticität des Dampfes ist indeß nicht größer. Wenn ein salzhaltendes Wasser bei 82° R. siedet, so ist

---

21. Tredgold's Formel $E' = \frac{(t'+100)^6}{177}$ verwandelt Mellet in

$$100\ E'' = \frac{(t+73)^6}{84},$$ sagt aber, daß $100\ E'' = \frac{(t+75)^6}{85}$

noch genauer sei; sie weicht mehr als die vorige von der Wahrheit ab.

22. Creightons Formel: $6\left\{\log(t'+85) - 2{,}22679\right\} = \log(E'-0{,}09)$

23. Coriolis Formel $E = \left(\frac{1+0{,}01878\,t}{2{,}878}\right)^{5{,}855}$ gibt in der Gegend des Aufthaupunktes große Abweichungen.

24. Formel der franz. Akademiker (S. S. 451.) $e = \left\{(1+0{,}7153)\ (0{,}01\,t-1)\right\}^5$

oder auch: $e = (0{,}2847+0{,}007153\,t)^5$
weicht bei gewöhnlichen Lufttemperaturen noch stärker als die vorige ab, bei höheren Temperaturen gibt sie Fehler von höchstens 0,° 6 C.

25. Poisson gibt aus theoretischen Untersuchungen die Formel:

$$E'' = 0{,}76\left\{\frac{266{,}67+t}{366{,}67}\right\}^{14{,}65}$$

Gibt nach Poisson's eigener Bemerkung sehr unrichtige Resultate.

26. Auch J. T. Mayers Formel ist auf theoret. Wege gefunden;

$$\log.\ E = 4{,}2860 + \log(213+T) - \frac{1551{,}09}{213+T}$$

Sie weicht sehr von der Wahrheit ab.

27. Während Mayer in seiner Formel die unveränderlichen Größen (Constanten) nach 2 Beobachtungen von Schmidt bestimmte, berechnete dieselben Arzberger nach seinen eigenen Beobachtungen, so ist seine Formel, wo E''' Wiener Zolle bedeuten:

$$\log E''' = 2{,}8435 + \log(213+T) - \frac{847{,}3}{140+T};\ \text{oder auch:}$$

$$\log E''' = 2{,}83165 + \log(213+T) - \frac{847{,}3}{140+T}$$

Für 24 Atm. weicht sie um 5 Gr. von der Wahrheit ab.

28. Eine zweite nicht richtigere Formel von Arzberger ist:

$$\log E''' = 2{,}88174 + \log(140+T) - \frac{830{,}94}{140+T}$$

29. Kämtz berechnete für die Mayersche Formel die Constanten nach den Daltonschen Beobachtungen, und fand

$$\log.\ E = 5{,}626 + \log(213\tfrac{1}{3}+T) - \frac{1680{,}5944541}{213{,}33+T}$$

Doch entfernt sich auch diese Formel sehr von den Beobachtungen.

30. Roche's Formel ist aus theoretischen Betrachtungen abgeleitet; werden die Constanten nach den neuesten Beobachtungen der franz. Physiker bestimmt,

so ist sie $1000\ E'' = 760 \cdot 10^{\frac{0{,}1644\,t''}{11+0{,}03\,t''}}$ oder

Digitized by Google

die Elasticität des Dampfes, der erzeugt wird, gleich der Elasticität des reinen Wassers, welches bei 80° R. siedet; und die Dämpfe, welche aus dieser Flüssigkeit bei 80° sich entwickeln, haben nur die Elasticität derjenigen Dämpfe, die aus reinem Wasser bei 78° R. gebildet werden.

Was die Dämpfe anderer Flüssigkeiten, als des Wassers betrifft, so hat Dalton das allgemeine Gesetz aufgestellt: daß für gleiche Temperaturen über oder unter dem Siedepunkte den Dämpfen aller Flüssigkeiten gleiche Elasticitäten zugehören. Hiernach würde z. B. die Elasticität des Dampfes von Weingeist, welcher bei 64° R. unter 28'' Z. P. Luftdruck siedet, bei einer Temperatur von 70° gleich der des Wasserdampfes von 86° R. sein; und bei 60° würde der Weingeistdampf gleiche Elasticität mit Wasserdampf bei 76° R. haben. Dieses Gesetz ist jedoch durch neuere Versuche, namentlich von Ure, widerlegt worden; und bis jetzt ist überhaupt noch kein allgemeines Gesetz in Betreff der Elasticitäten der verschiedenen Flüssigkeiten entdeckt.

Die meisten Versuche sind nach dem Wasser über Weingeist angestellt worden. Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Hierbei ist zu bemerken, daß das spec. Gew. des von Ure angewandten Weingeistes 0,813 und der Siedepunkt 173° F. (62°, 66 R.); die Eigenschaften des Alkohols, dessen sich Watt bediente, sind nicht angegeben; der Weingeist Robison's siedete bei 173 F., und ebenso der von Betancourt angewandte; Muncke bediente sich absoluten Alkohols von 0,792 spec. Gew. bei 16° R. Temperatur. Vergleicht man die Resultate, welche von den verschiedenen Physikern bei denselben Temperaturen gefunden worden, so zeigt sich zwischen denen von Ure und Schmidt die größte Uebereinstimmung, die Resultate von Muncke stimmen gleichfalls bis auf das von 20° (welches wie Muncke selbst äußert, offenbar falsch ist), genau mit denen von Ure überein; Robison's Resultate stimmen bis 65°,78 mit denen von Ure.

$$3 \log E'' = \log 760 + \frac{0{,}1644\, t''}{11 + 0{,}03\, t''}$$, wobei t'' hunderttheilige Grade vom Siedepunkte an gerechnet bedeutet. Die Formel weicht in der Gegend des Aufthaupunktes gegen 10° C. von der Wahrheit ab, über den Siedepunkt dagegen bis zu 24 Atmosph. höchstens nur 0°,7 C.

Statt dieser Formeln hat nun Egen selbst Formeln entwickelt, von denen die genauste folgende ist:

$$t'' = 100 + 64{,}29512 \log e + 13{,}89479 \log^2 e + 2{,}909769 \log^3 e + 0{,}1742634 \log.^4 e$$

Diese Formel, welche nach der Absicht des Verfassers genauer als die Beobachtungen selbst die Elasticität bestimmen soll, scheint allerdings den Beobachtungen genauer als die früheren Formeln zu entsprechen, wenn man die wenigen bedeutenderen Abweichungen, was leicht möglich, in Fehler der Beobachtungen setzt. Die mittlere Abweichung derselben beträgt nur 0°,11 C. Nach Egen umfaßt sie mit voller Sicherheit 230 Grade. Eben so wenig, sagt er, ist zu bezweifeln, daß die Resultate der Formel bis zu Temp. von 350 Gr. über Null, und bis eben so tief unter Null, als die Lufttemperaturen auf der Erde reichen, ziemlich sicher seien.

Digitized by Google

Elasticität in par. Zollen in Quecksilberhöhen nach

Temp. R.	Betancourt.	Ure.	Watt und Muncke.	Schmidt und Robison.	Temp. R.	Betancourt.	Ure.	Watt.	Schmidt und Robison.
—5°			0,22M. *)	0,13S. *)	32,44		4,95		
0,00		0,38	0,34 M.	0,35S**)	33	4,30			
0,89			0,20 W.		34	4,60			
3	0,05				34,22		5,75	5,25	
3,56		0,53	0,87 W.	0,09 R.	35	4,95			5,744 S.
4	0,09				36	5,28			
5	0,12		0,49 M.	0,49 S.	36,44			6,10	
5,78		0,66			36,89		6,75		
6	0,18				37	5,55			
7	0,25				38	6,00			
8	0,32	0,75			39	6,45			
9	0,38				39,11		7,60	6,52	6,44 R.
10	0,45		0,80 M.	0,80 S.	40	6,90			7,805 S.
10,22		0,95			41	7,35			
11	0,50				41,11			7,92	
12	0,62				41,33		8,70		
12,44		1,18		0,75 R.	42	7,82			
13	0,72				42,67			8,83	
14	0,82				43	8,37			
14,67		1,40			43,56		10,00		
15	0,93		1,22 M.	1,490 S.	44	8,92			
15,56			1,77 W.		44,44			9,65	
16,89		1,65			45	9,48			10,42 S.
16	1,02				45,78		11,50	10,42	
19,11		1,95			46	10,15			
17	1,12				47	10,80			
18	1,25				47,56			11,30	
19	1,38				48	11,50	13,00		11,40 R.
20	1,52		1,43 M.	2,105 S.	49	12,20			
21	1,65				49,62			12,10	
21,33		2,30		1,75 R.	49,78			13,10	
22	1,80				50	12,35			13,85 S.
23	1,95				50,22		15,00		
23,11			2,62 W.		50,89			14,01	
23,56		2,78			51	13,75			
24	2,10				51,78			14,87	
25	2,32			3,036 S.	52	14,60			
25,78		3,20			52,89			15,00	
26	2,52				52,44		17,00		
27	2,75				53	15,50			
28	2,95	3,65	3,46 W.		53,55			16,62	
29	3,20				54	16,40			
30	3,40			4,158 S.	54,67		19,00	17,74	
30,22		4,25		3,54 R.	55	17,65			18,04 S.
31	3,70				55,56			18,35	
31,56			4,42 W.		56	18,85			
32	4,00				56,89		21,20	19,40	20,51 R.

*) M. bezeichnet Muncke, W. Watt, S. Schmidt, R. Robison.

**) Nach Robison 0,00.

Digitized by Google

Elasticität in par. Zollen nach der Quecksilberhöhe

Temp. R.	Betancourt.	Ure.	Watt	Schmidt und Robison	Temp. R.	Betancourt.	Ure.	Watt.	Schmidt und Robison.
57	20,00				72	43,50			
58	21,20		20,60		72,93		46,75		
58,67			21,00		73	46,00			
59	22,30				74	48,10			
59,11		24,00			74,67		49,61		51,62 R.
59,56			21,70		75	50,20			
60	23,70		21,82	23,42 S.	76	52,60			
60,44			23,75		76,88		56,30		
60,89			24,60		77	55,30			
61	24,80				78	57,90			
61,33		26,50			79	61,00			
61,78			25,50		79,11		61,00		
62	26,10				80	63,80			
62,67		28,15			80,89		65,02		
63	27,40				81	66,90			
64	28,90				81,78		68,00		
64,90		30,85			82	69,80			
65	30,60			30,03 S.	83	73,40			
65,78		31,85		31,84R.	83,56		73,61		73,65 R.
66	32,00				84	76,90			
66,78		33,75			85	79,60			
67	33,50				85,71		82,00		
68	35,10				86	83,60			
68,12		36,40			87	87,10			
69	37,20				88	90,80	87,36		
70	39,40			38,25 S.	88,89		91,00		
70,22		40,20			89	95,00			
71	41,30				90	98,00			
71,68		43,14							

Bestimmungen bei hohen Temperaturen sind nur noch von Robison bei 92,°45: 107,88 und folgende von Ure:

Temp. R.	Elast.	Temp. R.	Elast.	Temp. R.	Elast.	Temp. R.	Elast.
90,67	96,50	95,56	114,3	97,78	128,6	102,22	151,4
91,56	100,0	96,00	118,0	98,70	134,7	103,11	155,8
92,44	104,2	96,50	122,3	100,57	142,2		
94,22	110,7	96,89	123,2	101,33	145,2		

Durch Berechnung nach einer durch die Beobachtungen bestimmten Formel hat Muncke die in folgender Tafel unter e zusammengestellten Werthe gefunden. Unter é stehen die von Ure beobachteten Elasticitäten; a gibt die Zahl der Atmosphären an, denen dieser Druck gleichkommt.

Digitized by Google

t	e	é	a	t	e	é	a
— 30	0,0153	—	—	40	6,9960	7,62	0,250
— 25	0,0274	—	—	41	7,4445	8,00	0,266
— 20	0,0477	—	—	42	7,9483	8,48	0,284
— 15	0,0808	—	—	43	8,4431	9,00	0,302
— 10	0,1336	—	—	44	8,9850	10,25	0,321
— 5	0,2157	0,13	—	45	9,5578	10,83	0,341
0	0,3406	0,35	—	46	10,162	11,20	0,362
1	0,3723	0,39	—	47	10,799	11,88	0,385
2	0,4066	0,43	—	48	11,472	13,00	0,409
3	0,4437	0,48	—	49	12,180	13,78	0,435
4	0,4837	0,56	—	50	12,937	14,21	0,462
5	0,5270	0,62	—	51	13,714	15,30	0,489
6	0,5738	0,68	—	52	14,542	16,56	0,519
7	0,6241	0,71	—	53	15,414	17,41	0,550
8	0,6785	0,75	—	54	16,331	18,50	0,583
9	0,7370	0,83	—	55	17,295	19,85	0,617
10	0,8000	0,92	—	56	18,308	20,00	0,653
11	0,8678	0,97	—	57	19,374	21,11	0,691
12	0,9406	1,02	0,034	58	20,493	22,30	0,731
13	1,0190	1,20	0,036	59	21,668	23,60	0,773
14	1,1027	1,37	0,039	60	22,989	24,70	0,821
15	1,1929	1,43	0,043	61	24,195	25,87	0,864
16	1,2895	1,50	0,046	62	25,552	27,80	0,912
17	1,3931	1,68	0,049	63	26,975	28,75	0,963
18	1,5040	1,75	0,054	64	28,467	29,80	1,016
19	1,6224	1,88	0,058	65	30,030	30,90	1,072
20	1,7495	1,96	0,062	66	31,666	32,00	1,130
21	1,8895	2,00	0,067	67	33,380	33,85	1,192
22	2,0301	2,35	0,072	68	35,174	35,90	1,256
23	2,1848	2,50	0,078	69	37,051	37,75	1,323
24	2,3499	2,86	0,084	70	39,014	39,80	1,393
25	2,5260	2,98	0,090	71	41,161	41,25	1,470
26	2,7136	3,20	0,097	72	43,220	43,54	1,543
27	2,9135	3,41	0,104	73	45,455	46,50	1,623
28	3,1265	3,65	0,112	74	47,797	48,25	1,707
29	3,3529	3,80	0,120	75	50,244	51,00	1,794
30	3,5938	4,00	0,128	80	64,768	63,25	2,313
31	3,8499	4,13	0,138	85	81,304	78,61	2,903
32	4,1221	4,25	0,147	90	102,24	94,50	3,650
33	4,4110	4,62	0,158	95	128,65	112,3	4,550
34	4,7068	5,25	0,168	100	158,30	138,7	5,650
35	5'0431	5,72	0,180	120	351,73	—	12,56
36	5,3881	6,25	0,192	140	716,35	—	25,58
37	5,7505	6,58	0,205	160	1355,9	—	48,40
38	6,1410	6,75	0,219	180	2411,7	—	86,10
39	6,5514	72,0	0,234	200	4066,9	—	145,2

Von besonderer Wichtigkeit scheint die Kenntniß der Elasticität des Queckſilberdampfes. Das Queckſilber verdampft nach Faraday bis in die Nähe des Gefrierpunktes des Waſſers, und es iſt alſo nothwendig, daß die Elaſticität dieſer Dämpfe von Einfluß auf den Stand aller Barometer und Thermometer ſei; ſo wie auch alle im Vorigen erwähnten Verſuche, wo über Queckſilber die Dämpfe entwickelt und ihr Druck auf das Queckſilber beobachtet wurde, durch die Dämpfe des Queckſilbers unzuberechende Störungen erlitten haben werden. Dennoch gibt es bis jetzt nur eine Reihe von Beobachtungen, die von Avogadro angeſtellt worden ſind. Nach Dulong und Petit ſiedet das Queckſilber unter dem Drucke der Atmoſphäre bei 360° C. des Queckſilberthermometers, oder bei 350° C. des für die Ausdehnung des Glaſes berichtigten Luftthermometers; d. h. die Elaſticität des Queckſilberdampfes iſt bei dieſer Temperatur gleich dem Drucke der Atmoſphäre, oder dem Drucke, den eine etwa $0^m,76$ hohe Queckſilberſäule ausübt. Avogadro hat ſeine Verſuche unterhalb dieſer Siedehitze des Queckſilbers angeſtellt. Sein Apparat beſtand in einem umgekehrten Heber von Glas, deſſen kürzerer Schenkel ſich in einer Kugel endigte, und deſſen längerer am anderen Ende offen war. Der gekrümmte Theil unterhalb der Kugel, ſo wie zwei Drittel der Kugel ſelbſt waren mit Queckſilber gefüllt, daß ſich in dem offenen Schenkel faſt bis zu demſelben Niveau erhob, ſo daß die in dem oberen Theile der Kugel einſchloſſene Luft faſt unter dem Drucke der Atmoſphäre ſtand. Dieſe Luft füllte, wenn ſie durch die Temperaturerhöhung und die Dampfbildung auf ihr größtes Volumen gebracht war, noch nicht ganz die Kugel, drückte alſo das Queckſilber nie ſo weit nieder, daß es in die Röhre ſtieg. Dadurch blieb dieſe Luft immer in Berührung mit einer Queckſilberfläche, welche dem horizontalen Querſchnitte der Kugel an dem Orte, wo das Queckſilber ſtehen blieb, gleich war, und dieſer Querſchnitt hatte immer ein ziemlich beträchtliches Verhältniß zu den Dimenſionen des Raumes, welchen die Luft einnahm. Dieß war nöthig, damit der Queckſilberdampf, während einer langſamen und allmähligen Erwärmung, ſich leicht in dem ganzen Raume mit der Luft vermiſchen, und auf das einer jeden Temperatur zugehörige Maximum der Spannkraft gelangen konnte. Dieſer Heber war an einer in Millimeter getheilte Meſſingſcale befeſtigt, und die Theilung befand ſich hinter dem längeren offenen Schenkel, damit man das Steigen des Queckſilbers in dieſem meſſen konnte, und dadurch auch die Vergrößerung, welche das Volumen der in der Kugel enthaltenen Luft, in Folge der Erwärmung und der Dampfbildung, erlitt, ſobald die Größe bekannt war, welche das urſprüngliche Volumen der Luft in der Röhre eingenommen haben würde. Zu dieſer Kenntniß ſuchte Avogadro durch einen vorläufigen Verſuch zu gelangen. Die Luft in der Kugel über dem Queckſilber war vollkommen ausgetrocknet, ſo wie die Kugel und die Röhre ſelbſt, um keine Störung durch Waſſerdämpfe zu haben. Die offene Röhre wurde eine hinlängliche Zeit über ätzenden Kalk in einer Glocke ſtehen gelaſſen, dann das Queckſilber heiß hineingebracht, ohne daß die Luft in der Röhre mit der äußeren Luft in Berührung

Digitized by Google

kommen konnte. Der Apparat wurde nun bis über die Kugel in ein Gefäß mit Olivenöl getaucht, neben ihm ein Thermometer, dessen Scale bis 300 Grad ging, eingesenkt, und dann das Ganze bis zu dieser Temperatur erhitzt, unter Beobachtung der Höhe der Quecksilbersäule an der Messingscale für jeden entsprechenden Grad des Thermometers. Als die Temperatur auf 300° gelangt war, ließ man das Gefäß mit Olivenöl, und den ganze Apparat erkalten, und zeichnete die Höhen der Quecksilbersäule, die bei diesem abnehmenden Gange der Temperatur den Angaben des Thermometers entsprachen, auf. Die Fehler, welche aus einem Unterschiede zwischen den Angaben des Thermometers und der wahren Temperatur der Luft und des Dampfes in dem Apparate entspringen konnten, mußten nothwendig bei dem entgegengesetzten Gange der Temperatur in beiden Fällen größtentheils verschwinden, da man aus jedem Paare entsprechender Resultate das Mittel nahm.

Um die Beobachtungen dem Zwecke gemäß zu benutzen, mußte man von den beobachteten Volumen am nächsten diejenigen abziehen, welche die Luft für sich bei der jedesmaligen Temperatur und dem jedesmaligen Drucke gezeigt haben würde. Auch mußte man an der Quecksilbersäule eine Berichtigung wegen ihrer Verlängerung durch die Wärme anbringen, und eine andere Berichtigung war nöthig für den fortwährend steigenden Druck, welchen die Luft und der Dampf in der Kugel erlitten, so wie das Quecksilber im längeren Schenkel stieg. Avogadro findet hiernach beim Quecksilberdampfe für die zwischen 230° und 290° C. liegenden Temperaturen von 10 zu 10 Grad folgende Spannkräfte, ausgedrückt in Millimetern und auf 0° reducirt.

Temperatur:	230°;	240°;	250°;	260°;
Elasticität:	58,01;	80,02;	105,88;	133,62;
Temperatur:	270°;	280°;	290°.	
Elasticität:	165,22;	207,59;	252,51.	

Avogadro bestimmt hiernach die Formel:

$$\log. e = -0{,}64637\, t + 0{,}075956\, t^2 - 0{,}18452\, t^3,$$

wo t die Temperatur, e die Elasticität bezeichnet; und berechnet nach ihr folgende Tafel:

Digitized by Google

Temperaturen C.	Spannkraft des Queckſilberdampfes.		Temperaturen C.	Spannkraft des Queckſilberdampfes.	
	in Atmoſph. von 0m,76.	in Millim. Queckſ.		in Atmoſph. von 0m,26.	in Millim. Queckſ.
100°	0,00004	0,03	230°	0,07633	58,01
110	0,00009	0,07	240	0,10349	78,65
120	0,00022	0,16	250	0,13655	103,78
130	0,00047	0,35	260	0,17582	133,62
140	0,00096	0,73	270	0,22145	168,30
150	0,00188	1,43	280	0,27355	207,90
160	0,00343	2,61	290	0,33225	252,51
170	0,00603	4,58	300	0,39780	302,33
180	0,01015	7,71	310	0,47073	357,75
190	0,01638	12,45	320	0,55181	419,38
200	0,02539	19,30	330	0,64261	488,38
210	0,03790	28,80	340	0,74523	566,37
220	0,05466	41,54	350	0,86286	655,77
			360	1,00000	760,00

Ueber Schwefeläther dampf haben Dalton und Mayer Verſuche angeſtellt, deren Reſultate ſehr untereinander abweichen. Auch Ure hat eine Reihe von Beobachtungen angeſtellt; er bediente ſich indeß unreinen Schwefeläthers. Wichtiger ſind die von Muncke und von Schmidt angeſtellten Verſuche. Muncke brachte eine geringe Quantität reinen Schwefeläthers (von 0,711 ſpec. Gew., der bei 10° R. Wärme und 28 Z. Barometerhöhe, ſeinen Siedepunkt bei 36°,6 C. hatte) in die torricelliſche Leere eines gut ausgekochten Barometers, und beſtimmte bei vorſichtiger Erwärmung die Digreſſion (Herabdrückung) der Queckſilberſäule durch die erzeugten Dämpfe nach einem anderen Barometer. Zu Beobachtungen über die Elaſticität des Schwefeläther-dampfes bei höheren Temperaturen bediente er ſich eines Apparates, den er, ſo wie das von ihm angewandte Verfahren mit folgenden Worten beſchreibt. An eine 1,25 Lin. weite, unten umgebogene Barometerröhre, wurde ein ſtarkes Gefäß, wie an ein Flaſchenbarometer, angeblaſen, dann ſo viel Queckſilber eingegoſſen, bis das Gefäß etwas über die Hälfte erfüllt war. Die andere Hälfte des Gefäßes goß ich voll Schwefeläther, ließ dieſen zur Entfernung der etwa eingeſchloſſenen Luft gegen eine Minute ſieden und verſchloß dann die Oeffnung mit einem geeigneten Korke, ſchnitt deſſen außen hervorſtehendes Ende ab, verklebte die ſo verſtopfte Mündung mit einem Kitt aus Bleiweiß und Leinölfirniß und einer übergebundenen Thierblaſe, ſicherte alles durch umwickelten Bindfaden, und überzog das Ganze mit Bernſteinfirniß. Dieſen Apparat befeſtigte ich auf eine Scale, welche ich für die Veränderung des Niveau's des Queckſilbers im Gefäße eingerichtet hatte, ſenkte das untere Ende ſammt dem Gefäße in einen Becher mit Waſſer, und erwärmte dieſes durch eine untergeſetzte Lampe, und indem von zwei

Digitized by Google

Beobachtern der eine das dicht neben dem Gefäße mit Aether gleichfalls im Wasser befindliche Thermometer beobachtete, las ein anderer die Höhe der Queckſilberſäule ab. Der längere Schenkel des Barometers war oben abgeſchliffen, um auf denſelben eine Röhre, und auf dieſes abermals eine von gleicher Dicke und Weite vermittelſt etwas Kitt und umgewundener Thierblaſe aufzuſetzen, ſo daß alſo die Queckſilberhöhe genau gefunden werden konnte, wozu die jedesmalige Barometerhöhe hinzu addirt werden mußte. Obgleich es mühſam und zuletzt peinlich war, die Beobachtungen des Thermometers und der Queckſilberſäule anderthalb Stunden lang ohne Unterbrechung fortzuſetzen, ſo wurde dennoch dieſe Zeit darauf verwandt, indem die den einzelnen Graden des Thermometers zugehörigen Queckſilberhöhen zuerſt bei zunehmender und dann bei abnehmender Temperatur aufgezeichnet, und aus beiden das arithmetiſche Mittel genommen wurde. Das zur Erwärmung des Apparats dienende Waſſer im Gefäße zeigte ſich der ſtarken Verdunſtung wegen minder brauchbar, und ich vertauſchte es daher bei einem zweiten Verſuche mit Olivenöl.

Nach den übereinſtimmendſten Beobachtungen von Muncke und Schmidt hat der erſtere die Formel beſtimmt, nach welcher er die Elaſticitäten des Schwefeläther-dampfes für die verſchiedenen Temperaturen berechnet hat. Die nach dieſer Rechnung gefundenen Zahlen ſtehen in folgender Tabelle von Muncke unter e, die im Mittel aus Muncke's Beobachtungen gefundenen unter é, und die durch Schmidt gefundenen unter é'.

t	e	é	é'	t	e	é	é'
—30	0,619	—	—	9	9,418	10,9	9,50
—25	0,932	—	—	10	9,978	11,5	9,78
—20	0,376	—	—	11	10,56	12,0	10,4
—15	1,992	—	—	12	11,18	12,6	10,5
—10	2,836	—	—	13	11,82	13,4	11,5
— 5	3,970	—	—	14	12,50	14,0	12,4
— 4	4,238	—	—	15	13,21	14,6	12,6
— 3	4,522	—	—	16	13,96	—	13,3
— 2	4,822	—	—	17	14,74	—	13,9
— 1	5,138	—	—	18	15,56	—	14,7
0	5,473	—	—	19	16,41	—	15,4
+ 1	5,826	—	—	20	17,31	—	16,3
2	6,198	—	—	21	18,24	—	17,1
3	6,590	8,00	—	22	19,22	20,4	17,8
4	7,002	8,40	—	23	20,24	21,0	18,7
5	7,439	8,70	—	24	21,31	21,8	19,5
6	7,897	9,37	—	25	22,42	22,2	20,4
7	8,373	9,81	—	26	23,58	22,9	21,4
8	8,861	10,2	8,98	27	24,79	23,8	22,4

t	e	é	ë	t	e	é	ë
28	26,06	24,2	23,4	53	80,37	79,12	
29	27,38	25,9	24,5	54	83,72	82,00	
30	28,75	26,9	25,7	55	85,20	84,45	
31	30,18	31,8	26,7	56	90,77	88,05	
32	31,67	33,2	—	57	94,47	92,50	
33	33,22	35,1	—	58	98,30	96,50	
34	34,83	37,2	—	59	102,2	100,5	
35	36,51	38,4	—	60	106,3	104,5	
36	38,26	39,8	—	61	110,6	108,1	
37	40,07	41,8	—	62	114,9	112,3	
38	41,96	42,5	—	63	116,9	—	
39	43,92	44,6	—	64	124,0	—	
40	45,95	46,2	—	65	128,8	—	
41	48,06	48,3	—	66	133,7	—	
42	50,26	50,3	—	67	138,8	—	
43	52,53	53,5	—	68	144,1	—	
44	54,89	55,38	—	69	149,5	—	
45	57,34	57,48	—	70	155,0	—	
46	59,87	59,85	—	75	185,4	—	
47	62,51	62,85	—	80	220,5	—	
48	65,23	65,20	—	85	260,8	—	
49	68,05	67,70	—	90	306,8	—	
50	70,91	70,65	—	95	367,6	—	
51	74,00	74,00	—	100	418,6	—	
52	77,13	76,40	—	200	423,9	—	

Was die Dämpfe anderer Flüssigkeiten, als der schon genannten, betrifft, so wird es genügen, kurz die Resultate der, vorzüglich von Ure, angestellten Beobachtungen zusammenzustellen.

Dampf von	Temperat. R.	Elasticität in par. Z.	Beobachter.
Steinöl	126,22	28,2	Ure
=	128,00	29,7	=
=	130,22	31,8	=
=	132,44	34,1	=
=	134,67	36,3	=
=	136,89	39,1	=
=	139,11	41,3	=
=	141,33	43,9	=
=	143,56	47,1	=

Digitized by Google

Dampf von	Temperat. R.	Elasticität in par. Z.	Beobachter.
Steinöl	145,78	49,9	Ure.
"	148,00	53,4	"
"	150,22	57,0	"
"	151,11	58,2	"
"	152,44	60,0	"
"			
Terpentinöl	120,89	28,15	"
"	122,52	30,45	"
"	123,56	31,35	"
"	125,78	33,15	"
"	128,00	34,70	"
"	128,89	35,48	"
"	130,67	37,70	"
"	132,44	39,40	"
"	135,11	42,28	"
"	136,89	44,30	"
"	138,22	46,28	"
"	140,00	48,51	"
"	141,33	50,62	"
"	143,11	53,11	"
"	144,44	55,10	"
"	145,78	57,51	"
"	146,67	58,52	"
Schwefelkohlenstoff		in Atmosph.	Cagniard de la Tour.
"	80,00	4,2	"
"	88,80	5,5	"
"	100,00	7,9	"
"	110,00	10,0	"
"	120,00	13,0	"
"	129,60	16,5	"
"	140,00	20,2	"
"	148,00	24,2	"
"	160,00	28,8	"
"	170,00	33,6	"
"	184,00	40,2	"
"	194,40	47,5	"
"	204,00	57,2	"
"	216,00	66,5	"
"	224,00	77,8	"
"	232,00	89,2	"
"	240,00	98,9	"
"	252,00	114,3	"
"	260,00	129,6	"
"	264,00	133,5	"

Faraday hat die Erfahrung gemacht, daß durch starken Druck viele, sonst für permanent gehaltene Gase in tropfbare Flüssigkeiten verwandelt werden können, und bei dieser Gelegenheit hat er den Druck bestimmt, den die Dämpfe dieser Flüssigkeiten bei gewissen Temperaturen äußern. Ein gleiches hat Niemann gethan, die Zusammenstellung der Resultate beider Physiker gibt folgende Tabelle:

Name des Gases.	Druck in Atmosph.	Temper. R.	Beobachter.
Stickstoffoxydul	über 50 Atm.	+ 5,7	Faraday.
Ammoniak	$6\frac{1}{2}$	8°	=
=	$6\frac{1}{2}$—7	10°	Niemann.
Chlor	4	12°,4	Faraday.
=	$8\frac{1}{2}$	10°	Niemann.
=	$6\frac{1}{2}$	0°	=
Euchlor	$8\frac{3}{4}$	12°	=
Chlorichte Säure	60	10°	=
Salzsäure	ungef. 40	8°	Faraday.
=	genau 40	10°	Niemann.
=	33	0°	=
Schwefelichte Säure	ungef. 2	5°,7	Faraday.
=	3	10°	Niemann.
Schwefelwasserstoffsäure	17	8°	Faraday.
	58 (oder 50?)	10°	Niemann.
=	54	0°	=
Kohlensäure	36	0°	Faraday.
=	40	0°	Niemann.
=	58—60	10°	=
Cyan	4	10°	=

Nächst der Elasticität der Dämpfe ist von größter Wichtigkeit die Dichte derselben. Auch für diese hat man bis jetzt so wenig wie für die Elasticität ein allgemein gültiges Gesetz gefunden. In der Regel sind indeß die Dämpfe derjenigen Flüssigkeiten, welche am leichtesten in Dampfform übergehen, die dichtesten. Auch über die Dichte der Dämpfe können, wie über die Elasticität derselben, Bestimmungen nur dann festgesetzt werden, wenn die Dämpfe im Maximum der Dichtigkeit sich befinden.

Es ist schon zu Anfange des Art. gesagt worden, daß, wenn man in einem Gefäße unter einem Kolben, der luftdicht schließt und herabgedrückt werden kann, Dampf entwickelt, dieser sich so lange er-

Digitized by Google

zeugt bis er ein gewisses Maximum der Dichte erreicht hat. Preßt man darauf mittelst des Kolbens den Dampf zusammen, so wird er nicht verdichtet, sondern bei gleichbleibender Wärme schlägt sich ein Theil des Dampfes als tropfbare Flüssigkeit nieder, und der enger gewordene Raum bleibt mit Dampf von der ersten Dichte erfüllt. Wird dagegen ein Dampf, der nicht im Maximum der Dichte ist, — d. h. der wegen Mangel an Wasser nicht seine größte der stattfindenden Wärme entsprechende Dichte hat erreichen können, — zusammengepreßt; so wird derselbe durch den Druck allerdings verdichtet, ohne daß Niederschlag von tropfbarer Flüssigkeit eintritt; doch auch nur so lange bis bei der Verdichtung durch Druck jener Punkt größter Dichte noch nicht erreicht ist, von diesem an aber tritt durch den Druck nur Absonderung tropfbarer Flüssigkeit ein.

Am wichtigsten ist wieder der Wasserdampf. Es sind eine Menge von Bestimmungen über die Dichte desselben vorhanden, wie folgende Zusammenstellung zeigt; wobei die Dichte des Wassers = 1 gesetzt ist:

Beobachter.	Temperatur.	Dichte.
Anderson	7°,56 R.	0,000620406
=	12	0,000617908
=	20	0,000603067
=	22,67	0,000593976
Clement und Desormes	10	0,000514645
Davy	30,22	0,000751103
Gay Lussac	80	0,000589489
Mayer	15	0,000748522
Muncke	30	0,000616035
=	34	0,000635842
=	35	0,000582246
Saussure	15,16	0,000662457
=	4,75	0,000692108
=	6,18	0,000644430
Schmidt	80	0,000705072
=	17,5	0,000882120 *)

*) Es ist in neuerer Zeit gebräuchlich geworden die Dichte so zu bestimmen, daß als Einheit die Dichte der Luft angenommen wird. Die Resultate über Wasserdampf stellt hiernach Schmedding in folgender Tabelle zusammen, zu der noch seine eigene Angabe der Dichte des Wassers bei 16° R = 0,63 kommt.

Digitized by Google

Die wichtigsten Versuche sind die von Gay-Lussac und von Muncke, indem das Resultat des ersteren allgemein angenommen wird, und darnach auch die siebente Columne der Tafel auf S. 447, welche die Dichte des Dampfes, die der danebenstehenden Temperatur entspricht, angibt, berechnet ist.

Beobachter.	Temperatur.	Dichte, die der Luft = 1.
Watt	80° R.	0,6334
Davy	mittl.	0,6666
Dalton	mittl.(80°?)	0,7000
Saussure	4°,75	0,74089
"	6,18	0,68581
"	15,16	0,68329
Clement u. Desormes	10	0,53106
"	10	0,54705
Anderson	7,56	0,65233
"	12	0,66298
"	20	0,63237
"	22,67	0,62507
Mayer	15	0,80124
Despretz	13,95	0,58518
"	15,45	0,70367
Gay-Lussac	80	0,62350
Brunner	7,6	0,64903
G. G. Schmidt	80	0,72200
Southern	87,56	0,64789
"	105,78	0,69572
"	116,89	0,70945
Muncke	0	0,82738
"	3	0,84691
"	6	0,88358
"	6,75	0,88917
"	7,5	0,90757
"	10	0,86618
"	12	0,79572
"	15	0,71856
"	16	0,65941
"	18	0,69400
"	19	0,72142
"	19,5	0,73346
"	22	0,73347
"	30	0,65010
"	35	0,63481

Digitized by Google

Gay-Lussac's Apparat ist nach Biot's Beschreibung folgender: Um zuvörderst die Quantität angewandter Flüssigkeit ganz genau bestimmen zu können, worin eigentlich die wahre Schwierigkeit der Aufgabe begründet liegt, bläst Gay-Lussac an der Lampe kleine Glaskugeln, die durch BB Fig. 189. vorgestellt sind. Sie sind fast ganz kugelförmig; verlängern sich aber an einer Seite in einen ganz feinen Schnabel. Man wiegt zuerst jede dieser kleinen Kugeln, wenn nur noch Luft darin enthalten ist, und bringt dann die Flüssigkeit hinein, grade als wenn man es mit Füllung einer Thermometerröhre zu thun hätte, indem man sie in diese Flüssigkeit nach vorgängiger Erhitzung, um einen Theil der Luft hinauszutreiben, taucht. Ist die kleine Kugel fast ganz angefüllt, so schmilzt man den Schnabel mittelst einer Lichtflamme zu, welche man durch ein Löthrohr darauf bläst. Hierdurch erleidet das Glas, aus dem die Kugel besteht, keinen Substanzverlust, sondern erhält bloß eine andere Gestalt: darauf wiegt man die, jetzt angefüllte Kugel abermals, und findet dadurch, nach Abzug des Gewichts der Hülle, welches durch die vorgängige Wägung bestimmt worden war, das Gewicht der darin enthaltenen Flüssigkeit; woraus sich ihr Volumen ableiten läßt. Um nun diese ganze Quantität Flüssigkeit in Dunst zu verwandeln, bedient sich Gay-Lussac eines Apparats, welcher dem von Dalton zur Beobachtung der Spannung der Dünste im leeren Raum (s. S. 434.) angewandten ähnlich. Er nimmt eine lange und enge Glasglocke VV, Fig. 189, welche in Theile von gleicher Capacität eingetheilt ist, und deren Totalcapacität ungefähr anderthalb Litres beträgt. Diese füllt er mit Quecksilber an, und stürzt sie in ein Bad von dem nämlichen Metall um, worauf er die kleine, mit Flüssigkeit angefüllte, Glaskugel B hineinbringt. Diese steigt nach dem obern Theil der Glocke, alle Flüssigkeit, welche sie enthält, mit sich nehmend. Jetzt hat man diese noch zu verdunsten. Zu diesem Zwecke umgibt Gay-Lussac die Glocke VV mit einer cylindrischen Glashülle MM, die länger ist als jene, und mit ihrem untern Theil in das Quecksilber taucht. Er füllt diesen Cylinder mit Wasser an, so daß die Glocke davon überdeckt wird und stellt dann den ganzen Apparat auf einen Ofen FF, in welchem er Feuer gibt. Das Wasser und Quecksilber bewirken durch ihre Erhitzung auch die Erhitzung der, in der kleinen Glaskugel enthaltenen, Flüssigkeit. Diese dehnt sich aus, zersprengt ihre Hülle, breitet sich im obern Theil der Glocke aus, und verwandelt sich dort bald in Dampf, dessen Temperatur man erhöht, bis das Wasser des Cylinders ins Sieden gekommen ist. Darauf mißt man die Höhe der, in der Glocke über dem Niveau des außerhalb befindlichen Quecksilbers stehen gebliebenen, Quecksilbersäule. Dieß mit Genauigkeit thun zu können, verfährt Gay-Lussac auf folgende Weise. Die Ränder des Gefäßes V'V', das als Wanne dient, sind gut abgeschliffen, und mittelst einer Wasserwage horizontal gestellt. Auf diese Ränder legt er ein kupfernes Lineal cc, durch welches vertical ein eingetheilter Maßstab TT hindurchgeht, der sich unten in eine Spitze endigt, welche man so tief stellt, daß sie die äußere Oberfläche des Quecksilbers grade berührt. Ein Läufer H, der längst dieses verticalen

Digitized by Google

Maßstabes auf- und abwärts beweglich ist, wird durch Drehen einer Schraube bis zu der Höhe gebracht, bei welcher das Queckſilber in der Glocke ſtehen geblieben iſt, wo dann der Abſtand dieſes Läufers vom untern Ende des Maßſtabes, der durch die Eintheilung des Maßſtabes ſelbſt gemeſſen wird, die Höhe der Queckſilberſäule angibt, die in der Glocke über dem Niveau des außerhalb befindlichen Queckſilbers ſteht. Man zieht dieſe Höhe von der ab, welche das Queckſilber im nämlichen Augenblick im Barometer hat, nachdem beide auf die nämliche Temperatur zurückgeführt worden ſind; und der Ueberſchuß der zweiten über die erſte gibt genau das Maß für die Spannkraft des in der Glocke enthaltenen Dampfes, d. h. für den Druck, den er ausübt. Man weiß überdieß, welches Volumen dieſer Dampf hat, indem daſſelbe durch die Zahl der Abtheilungen der Glocke, welche er einnimmt, gegeben iſt; und kann nun nach dieſen Angaben das Verhältniß der Volumen der tropfbaren Flüſſigkeit und ihres Dunſtes für eine beſtimmte Temperatur und einen beſtimmten Druck berechnen.

Muncke erinnert bei dieſem Verfahren Gay-Luſſac's: die das Queckſilber in der Capillarröhre herabdrückende Capillardepreſſion gebe den Raum zu groß und die Erhitzung könne leicht etwas Luft und Waſſer von dem nicht ausgekochten Queckſilber, welches freiſtehend oder beim Einfüllen in die Röhre etwas Feuchtigkeit und Luft aufnehmen mußte, wieder entbinden, welche beide Urſachen die Dichtigkeit zu gering geben. Hätte jedoch Gay-Luſſac das Queckſilber vorher in der Röhre ausgekocht, ſo wäre er in den entgegengeſetzten Fehler verfallen, dann hätte das Queckſilber etwas Feuchtigkeit aufgeſogen, und die Capillardepreſſion wäre mehr als compenſirt worden. Wenn bei dem Gay-Luſſac'ſchen Verfahren ein richtiges Reſultat gewonnen werden ſoll, ſo iſt vor allem nöthig, daß das ſämmtliche über das Queckſilber in die Röhre VV gebrachte Waſſer (oder andere Flüſſigkeit) in Dampf verwandelt ſei. Ob dieſes der Fall ſei, davon kann man ſich aus Beobachtung der Elaſticität des Dampfes überzeugen, welche nach dem vorigen (ſ. die Tabelle S. 447.) bekannt iſt. Iſt dieſe ſo groß als bei der Temperatur erforderlich iſt, ſo iſt gewiß alles Waſſer in Dampf verwandelt, am ſicherſten aber, wenn ſie etwas kleiner gefunden wird; denn dann hat die Flüſſigkeit nicht einmal hingereicht, unter der Glocke allen Dampf zu entwickeln, der dieſer Temperatur zukommt. Die Berechnung aus den unmittelbaren Beobachtungen und den Berichtigungen ſind nun folgende.

Geſetzt das Gewicht der in Dampf umgeſtalteten Flüſſigkeit (in Grammen) ſei $= g$; die Länge des Raumes der Glasglocke VV, welchen der Dampf einnimmt (gemeſſen durch die an derſelben befindlichen Abtheilungen) ſei $= n$, jede Abtheilung habe eine Größe $= a$; ſo iſt das ganze Volumen, welches der Dampf einnimmt, $= na$. Es iſt aber noch zu berückſichtigen, daß ſich das Glas durch die Wärme ausdehnt, alſo nach der Umwandlung in Waſſer der Cylinder VV auch einen größeren Rauminhalt hat als vor der Erwärmung. Die Ausdehnung des Glaſes für einen Grad ſei c (man findet aber die Ausdehnung des Glaſes in der Tab. S. 98 des Art. Ausdehnung

für zwischen 1° und 100° C. = 0,00087572, also für 1° = 0,0000087572 und also für jede Abtheilung des gläsernen Cylinders = 0,0000262716 a, vergl. S. 104 des Art. Ausdehnung —); so ist bei t°C. die Größe des Volumens = na+natc=na (1+ct), also das Volumen Eines Grammes Dampf = $\frac{(1+tc)\,na.}{g}$

Der Dampf im Cylinder steht aber nicht unter dem ganzen Drucke der Luft, sondern dieser wird zum Theil durch die Quecksilbersäule im Cylinder VV aufgewogen (vergl. den Art. Atmosphäre S. 55 f. und Art. Barometer). Wenn B den ganzen Luftdruck, und b die Länge der im Cylinder VV befindlichen Quecksilbersäule bedeutet, so ist der auf den Dampf wirkende Druck = B—b. Das Volumen v des Dampfes, den eine Gramme Wasser unter dem gewöhnlichen Luftdruck von $0^m,76$ (=28, 8 Z.) gibt, ist

$$= \frac{na\,(1+tc)\,(B-b)}{g.\ 0,76}$$

Wenn man dieses Gewicht mit demjenigen vergleicht, welches der Dampf bei gleichem Volumen, bei derselben Temperatur und demselben Drucke der Luft einnimmt, so erhält man das Verhältniß der specifischen Gewichte des betreffenden Dampfes und der atmosphärischen Luft.

Bei einem solchen Versuche war (nach Baumgartner) die Wassermenge 0,600 Gr. und gab bei 100° C. Dampf, der 220 Abtheilungen des Cylinders VV (Fig. 489.) erfüllte, wovon jede 0,00499316 Liter hielt. Das Quecksilber in dem Cylinder VV stand um 52 mm höher als außerhalb desselben und der Luftdruck war 755,5 mm. Reducirt man diese beiden Quecksilbersäulen, wovon die letztere die Temperatur von 15° C. hatte, auf 0° C., so hat man

für die erste $52\left(1-\frac{100}{5550}\right) = 51,06$

für die zweite $755,5\left(1-\frac{15}{5550}\right) = 753,46$

da ferner g*) = 0,600, n = 220, a = 0,00499316, B = 753,47, b = 51,07, mithin B—b = 702,40 ist, so wird

v = 1,6964 Liter

und ein Liter wiegt $\frac{1}{16964}$ Gramme. Ein Liter atmosphärische Luft wiegt bei 100° C. und unter dem Luftdrucke von $0^m,76$ $\frac{1}{1,0577}$ Gr. Folglich ist das Verhältniß zwischen der Dichte des Wasserdampfes und der atmosphärischen Luft = $\frac{10577}{16964}$ oder nahe = $\frac{10}{16}$.

---

*) Die Bedeutung der Buchstaben ist die oben angegebene, die Werthe derselben werden in die Formel gesetzt, so erhält man:

$$\frac{220.\ 0,00499316\ (1+0,0000262716.\ 100)\ 702,40}{0,600.\ 0,76} = 1,6964$$

Digitized by Google

Die Art und Weise, in der Muncke seine Versuche über die Dichte des Wasserdampfes anstellte, beschreibt er selbst, wie folgt:

Ich nahm einen Ballon (Fig. 190) von feinem englischen Glase 155 franz. Kub. Z. haltend, am oberen Theile des Halses mit einer messingenen Fassung gg zum Aufschrauben auf die Luftpumpe versehen, und mit dem genau schließenden Hahne k, um der äußern Luft auch auf längere Zeit allen Zugang abzuschließen, und jeden Versuch mehrmals wiederholen zu können. Aus der Fassung war ein Thermometer so herabgelassen, daß die Kugel desselben a sich möglichst genau im Mittelpunkte des Ballons befand; die Rückseite der Thermometerscale trug aber ein kleines Heberbarometer bb, um sowohl beim Exantliren den Grad der Verdünnung und nachher das feste Schließen aller Theile zu controliren, als auch späterhin die Elasticität des eingeschlossenen Dampfes bei verschiedenen Temperaturen beiläufig zu messen. Die Flüssigkeit, aus welcher der Dampf gebildet werden sollte, befand sich in kleinen Röhrchen r mit feinen Spitzen, wie in den Versuchen von Gay-Lussac, und diese wurden vermittelst zweier auf die Enden gesteckter Bleikugeln a, a, durch eine Erschütterung des Ballons zerschellt, und so der Ballon mit Dampf gefüllt. Hauptsächlich aber war erforderlich darauf zu achten, daß keine Feuchtigkeit im Ballon blieb. Zu diesem Ende trocknete ich denselben sorgfältig, welches bei der ausnehmenden Klarheit des englischen Glases zwar nicht ohne Mühe, aber eben so sicher als vollständig geschehen konnte, exantlirte ihn bis zur Luftverdünnung von 2 bis 0,5 Lin., füllte ihn dann mit Luft, welche über kaustischem Kali getrocknet war, exantlirte abermals, und wiederholte dieses Verfahren wohl zwei bis dreimal, zerschellte dann das Röhrchen, und suchte durch allmähliges, vorsichtiges Erwärmen diejenige Temperatur zu finden, bei welcher alle Flüssigkeit völlig expandirt war, ohne an den inneren Wänden des Ballons den geringsten, leicht kenntlichen, Niederschlag zu bilden. Als Resultat der gesammten Versuche geht gleichfalls hervor, daß die Dichtigkeit der Dämpfe zur Luft unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur eine constante Größe sei, welches Verhältniß indeß um eine Kleinigkeit größer ist, als das von Gay-Lussac gefundene, nämlich 10 : 15,75, auch nimmt dieses Verhältniß bei höheren Temperaturen zu, wie aus der Natur der Dämpfe von selbst folgt.

Auf einem anderen Wege hat Dumas die Dichten und specifischen Gewichte mehrerer Dampfarten untersucht. Er nimmt, nach Baumgartner, eine Glaskugel von bekanntem Inhalte, bringt die Substanz, deren Dampf er bestimmen, will hinein, zieht die Oeffnung der Kugel in ein Haarröhrchen aus und bringt sie in ein Bad von Wasser, Schwefelsäure oder einem leichtschmelzenden Metallgemische, verwandelt darauf den Körper in Dampf, indem er die Temperatur des Bades weit über den Siedepunkt der in Dampf zu verwandelnden Masse erhitzt, schmelzt sodann bei einer genau bekannten Temperatur und bei gegebenem Luftdrucke das Haarröhrchen zu, läßt das Ganze erkalten, wägt es ab, öffnet es unter Wasser, bestimmt den Raum, den dieses einnimmt, genau, und erlangt hierdurch die Kenntniß des Volumens des Dampfes bei der Temperatur, wo der Ballon zugeschmolzen wurde. Durch Vergleichung

des Gewichtes des zugeschmolzenen Ballons nach der Operation mit dem Gewichte des leeren Gefäßes ist das Gewicht der Dampfmasse bekannt; und so hat man Alles, was zur Bestimmung der Dichte und des specifischen Gewichtes nothwendig ist.

Southern's Versuche haben den Vorzug, daß sie sich auf höhere, über dem Siedepunkte liegende Temperaturen beziehen. Die Resultate derselben sind:

Für 87°,56 R. findet sich die Dichte = 0,00082755
" 105,78 " " " " " = 0,00170140
" 116,89 " " " " " = 0,00247620,

wobei die Dichte des Wassers = 1 angenommen ist. Diese Dichten verhalten sich ungefähr wie 40, 80 und 120, und da dieses auch das Verhältniß der den Temperaturen entsprechenden Elasticitäten ist, so wird das Gesetz bestätigt: daß die Dichten den Elasticitäten nahe proportional sind *)

Muncke hat nach folgender Formel $d = 0{,}0064107 \frac{e}{213 + t}$ in der d die Dichte, e die Elasticität des Dampfes und t die Temperatur (R.) bedeutet, eine Tafel berechnet, deren Resultate mit den von Southern gefundenen Bestimmungen möglichst übereinstimmen.

Schitko hat indeß nach theoretischen Betrachtungen eine andere Formel entwickelt **). Folgende Tafel gibt eine Vergleichung der Resultate beider:

---

*) Vergl. die entsprechenden Elasticitäten und Dichten in der Tabelle S. 447.

**) $\log d = 4 \log x + \log (1 + g x) - 7{,}7021180$; g ist $= 0{,}0027504$
und $x = \frac{-1 + \sqrt{1 + 153{,}785050506 \log (1 + 0{,}00018018\ t)}}{0{,}00599839}$
ist, indem t Grade C. des Quecksilberthermometers sind. Schmeddink hat die von ihm und anderen über die Dichte des Wassers erhaltenen Resultate mit denen verglichen, welche aus Schitko's Formel sich ergeben, und gefunden, daß dieselbe für $t = 20°$, wo $x = 18°{,}95$ ist, die Formel $d = 0{,}000001638$, die Erfahrung aber 0,000016922, also einen fast 10 mal größeren Werth gibt. Bei Temperaturen in der Nähe des Siedepunktes stimmt die Formel besser.

Digitized by Google

Temperatur C.	Dichte des Dampfes.	
	nach Muncke.	nach Schitko.
100	0,000613	0,000613
105	0,00072	0,00073
110	0,00084	0,00085
115	0,00097	0,00099
120	0,00112	0,00115
125	0,00128	0,00132
130	0,00147	0,00151
135	0,00167	0,00171
140	0,00189	0,00194
145	0,00213	0,00218
150	0,00240	0,00244
155	0,00269	0,00272
160	0,00300	0,00302
165	0,00334	0,00335
170	0,00370	0,00370
175	0,00410	0,00407
180	0,00452	0,00444
185	0,00497	0,00488
190	0,00546	0,00533
195	0,00597	0,00580
200	0,00652	0,00630

Auch über die Dichten anderer Dämpfe als des Wasserdampfes, sind namentlich von Gay-Lussac und Muncke Untersuchungen angestellt worden. Die Resultate finden sich mit den Dichten der Gase zusammengestellt im Art. Dichte.

Wenn zwei gleiche Volumen von Gasen in ein Volumen zusammengedrängt werden, so wird das Gemenge beider Gasarten in diesem Volumen eine Elasticität haben, welche gleich der Summe derjenigen Elasticitäten ist, die diese Gase vorher, jedes für sich, hatten. Dieß Gesetz gilt auch für die Dämpfe, also allgemein für alle expansiblen Flüssigkeiten, und Biot drückt dasselbe so aus: Wenn irgend eine Zahl expansibler Flüssigkeiten gegeben ist, welche den Druckkräften p, p′, p″, ... das Gleichgewicht halten, und nicht von der Art sind, daß sie sich bei der Temperatur, in der man operirt, chemisch mit einander verbinden, und man nimmt von jeder dieser Flüssigkeiten ein gleiches Volumen V, und bringt diese sämmtlichen Volumen auf ein einziges Volumen, welches auch gleich V ist, so wird die Spannkraft des Gemenges gleich der Summe der partiellen Spannkräfte, d. h. gleich $p + p' + p'' + \ldots$. sein. Die Richtigkeit dieses von Dalton aufgestellten und von ihm benannten Gesetzes in Bezug auf Dämpfe zeigt Gay-Lussac mit einem Fig. 191. abgebildeten Apparate. AB ist eine cylindrische gläserne Röhre, welche an das Gestell G befestigt, und oben bei

R′ und unten bei R mit eisernen Hähnen versehen ist. In diese Röhre mündet bei T eine zweite längere, wie die Zeichnung zeigt, gekrümmte oben offene gläserne Röhre, TT′, welche von geringerem Caliber als die Röhre AB ist. Ist der Apparat so weit hergestellt, so wird er wohl ausgetrocknet, damit nicht später beim Versuche in ihm zurückgebliebene Feuchtigkeit störend einwirken könne. Sodann wird wohlgereinigtes, ausgekochtes Queckſilber (ſ. d. Art. Barometer S. 145.) in die Röhre AB durch den geöffneten Hahn R′ gegoſſen, während der Hahn R geſchloſſen bleibt. Die Röhre AB wird ganz mit Queckſilber gefüllt, dieſes ſteigt zugleich von unten in die Röhre TT′ und ſtellt ſich dort in dieſelbe Höhe, wie in AB. Hierauf wird der Hahn R′ geſchloſſen, und auf den Apparat über R′ ein Ballon C geſchraubt, der mit einem Hahne r verſchloſſen iſt und dasjenige Gas enthält, mit dem man den Dampf ſpäter mengen will. Oeffnet man nun die Hähne r und R′, ſo hat das Gas freien Zutritt aus C in den Cylinder AB, kann aber in dieſen doch nicht eintreten, weil das Queckſilber im Cylinder durch die gleichlange Queckſilberſäule in TT′ und durch den Druck der Atmoſphäre auf dieſe, gehalten wird. Man öffnet daher den Hahn R und läßt einen Theil des Queckſilbers auslaufen, deſſen Stelle in AB durch das Gas aus C eingenommen wird. Wenn man glaubt, daß genug Gas aus dem Ballon in den Cylinder AB getreten ſei, ſchließt man den Hahn R und den Hahn R′. Das Gas in AB iſt verdünnt, und ſeine Spannkraft kommt der der Atmoſphäre nicht gleich; daher wird das Queckſilber in AB höher als in TT′ ſtehen. Man gießt nun bei T′ ſo viel Queckſilber nach bis das Niveau deſſelben in der engeren Röhre TT′ ſo hoch ſteht, wie in der weiteren Röhre AB. Iſt dieſes geſchehen, ſo ſteht das Gas in AB unter dem Drucke der Atmoſphäre, und die Größe dieſes Druckes beobachtet man an einem Barometer. Die cylindriſche Röhre AB muß in gleiche Abtheilungen eingetheilt ſein, und es muß bekannt ſein, wie groß der körperliche Inhalt (die Capacität) einer jeden ſolchen Abtheilung ſei. Iſt dieß der Fall, ſo kann man aus der Anzahl der Abtheilungen der graduirten Röhre, welche vom Gaſe eingenommen ſind, das Volumen des Gaſes in der Röhre beſtimmen. Um nun die zu verdunſtende Flüſſigkeit in das Gas zu bringen, wird der Ballon C abgenommen und ſtatt deſſen der kleine Becher V, welcher die Flüſſigkeit enthält, aufgeſchraubt. Dieſer Becher V hat unter ſich einen Hahn R″, welcher nicht wie gewöhnlich durchbohrt iſt, ſondern nur auf der Oberfläche des innern Kegels eine halbkugelförmige Vertiefung hat. Steht dieſe Vertiefung unter der Flüſſigkeit, ſo ſinkt ein Tropfen von dieſer in die halbkugelförmige Vertiefung, und dreht man nun den Hahn herum, ſo fällt dieſer Tropfen nach Vollendung einer halben Drehung in den mit Gas erfüllten Raum, wenn nämlich vorher der Hahn R′ geöffnet, und ſo auch der kleine Raum R′R″ mit dem Gaſe in Verbindung geſetzt worden iſt. Durch wiederholtes Drehen des Hahnes R″ kann man nach und nach ſo viel Tropfen, als man will in den mit Gas erfüllten Raum bringen. So wie der erſte Tropfen der Flüſſigkeit in das Gas gebracht worden iſt, wird ſich alsbald (wenn auch nicht augenblicklich, weil der Druck des Gaſes auf die

Digitized by Google

Flüssigkeit der Verdunstung einen Widerstand entgegensetzt), die Spannkraft der expansiblen Flüssigkeit erhöht werden, und daher das Quecksilber in AB sinken und in TT' steigen. Man fährt nun so lange fort Tropfen der Flüssigkeit in das Gas zu bringen, als dadurch eine Wirkung auf den Quecksilberstand hervorgebracht wird. Diese Einwirkung hört auf, wenn die dem Raume und der Temperatur angemessene Dampfmenge erzeugt ist; die noch eingebrachte Flüssigkeit wird nun ohne sich in Dampf zu verwandeln auf der Oberfläche des Quecksilbers sich ansammeln, und man hört mit Einbringen von Flüssigkeit auf. Man könnte die durch den Dampf bewirkte Erhöhung der Spannkraft (Elasticität) der expansiblen Flüssigkeit aus dem Niveauunterschied des Quecksilbers in der weiteren Röhre AB und der engeren TT' bestimmen; noch einfacher aber gelangt man zu dieser Bestimmung, wenn man den Hahn R öffnet und soviel Quecksilber auslaufen läßt, bis das Niveau des Quecksilbers in beiden Röhren wieder gleich ist. (Die Flüssigkeit muß im Ueberschuß in die Röhre AB gebracht sein, um so viel Dampf zu erzeugen, als die Raumvergrößerung erfordert; damit die Spannkraft des Dampfes sich fortwährend gleich bleibe.) Ist dieß der Fall, so steht nun das Gemenge des Gases und Dampfes unter demselben Drucke, wie vorher das reine Gas, nämlich unter dem (am Barometer beobachteten) Drucke der Atmosphäre. Das Gemenge beider expansiblen Flüssigkeiten nimmt jetzt ein Volumen ein, dessen Größe sich aus der Anzahl von Abtheilungen der graduirten Röhre, welche das Gemenge einnimmt, bestimmen läßt; das Gas war vorher in einem kleineren Raume verbreitet. Da nun seine eigenthümliche Spannkraft sich im umgekehrten Verhältnisse der Räume, in die es sich ausdehnte, verändert*) hat, so kann man, nach diesem bekannten Verhältnisse, seine noch bestehende Intensität (Größe der Elasticität) finden. Man weiß ferner, welche Elasticität der angewandte Dampf haben würde, wenn man bei der Temperatur im leeren Raume operirte. Ist also diese Kraft im Gemenge noch die nämliche, so braucht man sie nur zu der eben berechneten des Gases hinzu zu addiren, und die Summe dieser beiden Kräfte wird den oben stattfindenden Drucke der Atmosphäre, wie er am Barometer beobachtet wird, gleich sein müssen; — wie sich auch wirklich findet. So bestätigt der Versuch das oben angegebene Gesetz.

Nach diesem Gesetze kann man voraus bestimmen, welches Volumen das Gas nach der Mengung mit dem Dampfe einer bestimmten Flüssigkeit einnehmen werde, nachdem das Niveau in beiden Röhren gleich gemacht worden. Das Gas, welches vor dem Versuche unter dem Drucke der Atmosphäre stand, wird sich, wie aus dem früheren folgt, durch Beimengung des Dampfes gerade um so viel ausdehnen, um wie viel es sich ausdehnen würde (dem Gesetze von Mariotte gemäß),

*) In einem größeren Raume ausgebreitet ist die Spannkraft einer elastischen Flüssigkeit geringer, als wenn sie in einem kleinern Raume ausgebreitet ist; ist E die Elasticität im kleineren Raume r, und e die Elasticität im größeren Raume R, so verhält sich E : e = R : r.

Digitized by Google

wenn es unter dem Drucke der Atmosphäre weniger demjenigen Drucke, der der Elasticität des Dampfes gleich ist, stände. Wenn also z. B. bei 76° R. die Elasticität des Wasserdampfes = 23,436 Par. Z. (s. Taf. S. 448.) und der Druck der Atmosphäre = 28 Zoll ist, so wird das Gas nach der Beimengung des Dampfes gleichsam nur eine Quecksilbersäule von 28 — 23,436 = 4,564 zu tragen haben, und es wird sich nach dem Mariottischen Gesetze verhalte: das Volumen des Gases vor der Beimengung des Dampfes zum Volumen desselben nach derselben = 4,564: 28, also daß das Gemenge der expansiblen Flüssigkeiten ungefähr den 6 fachen Raum des Gases einnehmen wird, nachdem nämlich der Hahn R (s. Fig. 191.) geöffnet, und das Quecksilber in beiden Röhren TT' und AB dadurch auf gleiches Niveau gebracht worden ist. Bei einer Temperatur, bei welcher die Elasticität des Dampfes dem Drucke der Atmosphäre gleichkommt (also in der Gegend des Siedepunktes), wird hiernach der Unterschied beider = o werden, d. h. es wird der Dampf den Raum ohne Ende erfüllen, und die Luft daraus vertreiben.

Wird so wenig Flüssigkeit eingebracht, daß sich weniger Dampf aus derselben entwickeln kann (in dem Vorhergehenden wurde ein Ueberschuß von Flüssigkeit vorausgesetzt), als dem Raume, den das Gas einnimmt, angemessen ist, so dehnt sich der Dampf durch diesen ganzen Raum nach Art der Gase aus, wobei sich nach demselben Verhältnisse seine Elasticität mindert.

Wenn man die Gefäße, welche das Gemenge aus Dunst und Gas erhalten erhitzt, so kann man ähnliche Versuche in Bezug auf hohe Temperaturen anstellen und findet dann die erwähnten Versuche bestätigt. Nur in einem Falle findet nothwendig eine Ausnahme statt, dann nämlich, wenn die Gasarten mit den Dünsten chemische Verbindungen eingehen. Biot sagt, es gebe bei jeder Temperatur gewisse Gasarten, die zum Wasser eine so starke Verwandtschaft besitzen, daß sie sich seiner Dämpfe bemächtigen, und sie in tropfbar flüssigen oder festen Zustand bringen. Von dieser Art sind z. B. das Ammoniakgas und das salzsaure oder Hydrochloringas. Bei einem solchen Gemenge, welches nicht den expansiblen flüssigen Zustand behält, läßt sich keine Bestimmung des Volumens geben. Um das Daltonsche Gesetz für derartige Gase zu bestätigen, muß man dieselben nicht mit Wasserdämpfen, sondern mit den Dämpfen solcher Flüssigkeiten mengen, gegen welche jene Gase keine solche Verwandtschaft haben. So kann man das Ammoniakgas mit Aetherdampf mengen.

Das Gemenge von Dampf und Gas geht entweder aus dem expansibel flüssigen Zustande heraus, oder es verharrt in demselben und die angeführten Gesetze haben dann ihre volle Gültigkeit, ohne daß eine Zusammenziehung oder Ausdehnung stattfindet, welche von der Beschaffenheit der Gemengtheile abhängt. Die Dampfmenge, welche in expansibel flüssigem Aggregationszustande in einem Gasvolumen verharren kann, ist (im letzteren Falle) immer genau eben so groß, als sie bei der nämlichen Temperatur im leeren Raume sein würde.

Digitized by Google

Wenn man das Gas sich ausdehnen läßt, oder es zusammendrückt, indem die Temperatur dieselbe bleibt, so verändert das Gas seine Elasticität im umgekehrten Verhältnisse der Volumina (nach dem Gesetze von Mariotte), die es einnimmt; die Elasticität des Dampfes aber bleibt dieselbe, so lange noch Flüssigkeit zur Dampfbildung vorhanden ist, sie ist die nämliche wie im leeren Raume, wie sich immer der Raum ändern mag. Wenn dagegen nicht hinlänglich Dampf vorhanden ist, um den Raum im Maximum der Dichte zu erfüllen, so verhält sich der Dampf in Bezug auf seine Elasticität wie ein Gas, das heißt die Elasticität desselben nimmt mit dem Drucke zu, aber nur so lange, bis er seine völlige Elasticität erlangt hat.

Diese sogenannte Daltonsche Theorie wird von den meisten und berühmtesten Physikern angenommen, obschon sie anfangs Widerspruch fand wegen des allerdings höchst seltsamen Umstandes, daß ein schon mit einer expansiblen Flüssigkeit erfüllter Raum eine zweite solche Flüssigkeit in demselben Maße aufnehmen sollte, wie ein leerer Raum. Deluc und Sauſſure, später erst Dalton haben den Satz behauptet und nachgewiesen. Namentlich zeigte Sauſſure, daß das Maximum des Dampfes, welches sich in einem gegebenen Raume verbreiten kann, nur von der Temperatur abhängt, und sich in der Luft und im leeren Raume bei gleicher Temperatur gleich verhält.

Die Dämpfe sind wohl das unscheinbarste und zugleich mächtigste Beförderungsmittel der irdischen Glückseligkeit der Menschen. Man bedient sich der Dämpfe auf mannigfaltige Weise*), als Auflösungsmittel, als Mittel die Wärme fortzuleiten, und endlich, was wohl das Wichtigste ist, als Beweger von Maschinen. Die Anwendung der Dämpfe als Auflösungsmittel beruht auf der bedeutenden Wärme, die sie mit sich führen, und zugleich auf ihrer Elasticität und der leichten Verschiebbarkeit und Kleinheit ihrer Bestandtheile, mit denen sie vermöge eines nach allen Seiten gleichmäßigen Druckes in die Theile der aufzulösenden Körper eindringen, und so diese selbst von einander trennen. In dieser Art bedient man sich des Dampfes zu Ausziehung der Pigmente aus Farbenhölzern, der Gallerte aus Knochen u. s. w.

Die Anwendung des Dampfes zu Fortpflanzung der Wärme beruht auf seiner Eigenschaft, in der Berührung mit kalten Körpern sich zu condensiren und dabei bedeutende Wärme zu entbinden und den kälteren Körpern mitzutheilen. So kann man sich des Dampfes zur Heizung in jeder Absicht bedienen, und wird fast immer eine große Ersparung von Brennmaterial dadurch bewirken. Man bedient sich in dieser Hinsicht des Dampfes namentlich auch um Wasser zum Sieden zu bringen. Man führt alsdann aus dem Dampfkessel (der Kessel, in welchem der Dampf erzeugt wird) ein Rohr bis nahe auf den Boden desjenigen Gefäßes, in welchem man das Wasser zum Sieden bringen will. Anfangs wird

*) Man benutzt die Dämpfe auch zu Vertreibung der Luft aus Gefäßen, die man nachher durch den Luftdruck mit einer Flüssigkeit anfüllen will. S. Dampfkugel.

Digitized by Google

der Dampf beim Austritt aus diesem Rohre in das kalte Wasser condensirt, wird dabei selbst zu Wasser (wenn es Wasserdampf war) und theilt dem kalten Wasser die in ihm enthaltene Wärme mit. Dieser Proceß dauert fort, bis das Wasser die Temperatur des Dampfes angenommen hat, also selbst verdampft, siedet. Nimmt man als Totalwärme des Wasserdampfes 650° C. = 520° R. an (s. S. 429.), so ergiebt sich daraus, daß ein Pfund Wasserdampf (von welcher Temperatur er auch sei) hinreiche um 520 ℔. Wasser um 1° R. zu erwärmen, und hieraus läßt sich berechnen, wie viel Pfund Dampf (= S.) nöthig sind um eine bestimmte Quantität Wasser (= W. z. B. ein Pfund) von bestimmter Temperatur (= t) auf einen bestimmten Wärmegrad (= T) zu erheben.

Die Temperaturerhöhung, die das Wasser erfahren soll, ist hiernach T — t, die Quantität der Wärme, welche dem Wasser zugeführt werden soll, also (T — t) W; der Dampf bringt allmählig das Wasser auf seine eigene Temperatur, soll die des Wassers also T werden, so muß die des Dampfes also auch = T sein, seine latente Wärme, welche bei der Condensation frei wird, ist folglich 520° — T, in S Dampf also ist S (520° — T) die ganze Quantität Wärme, die er dem Wasser abgiebt, also muß

$$S\,(520 - T) = (T - t)\,W \text{ sein,}$$

woraus

$$S = \frac{(T - t)\,W}{520 - T}$$

gefunden wird. Gesetzt z. B. es sollten 1000 Pfund Wasser, welche die Temperatur 10° R. haben, zum Sieden (auf 80° R.) gebracht werden, so ist in der Formel:

$$T = 80° \text{ R.}$$
$$t = 10° \text{ R.}$$
$$W = 1000 \text{ ℔ also}$$
$$S = \frac{80 - 10 \,.\, 1000}{520 - 80} = 159{,}1$$

d. h. man braucht hierzu 159,1 Pfund Wasserdampf.

Wenn der Dampf am Boden des Gefäßes, nachdem er durch das Rohr geleitet worden, condensirt wird, so geschieht dieses, namentlich zu Anfang, wenn die Temperatur des Wassers noch nicht oder nur wenig gehoben ist, mit einer gewissen Heftigkeit, wodurch eine Erschütterung des Apparats hervorgebracht wird. Man kann diese vermeiden, wenn man das Zuleitungsrohr an seinem Ende trompetenförmig erweitert, denn dadurch wird die Geschwindigkeit des ausströmenden Dampfes vermindert, und die Condensation geht langsamer und ohne Erschütterung vor sich.

Diese Anwendung des Dampfes ist vorzüglich dann empfehlungswerth, wenn man das Anbrennen am Boden des Gefäßes sicher vermeiden will, das leicht stattfindet, wenn die Erhitzung durch Feuer unter dem Kessel geschieht; wenn man mehrere Gefäße mit Hülfe eines Feuers erhitzen will, indem der Dampf aus einem Dampfkessel durch mehrere

Digitized by Google

senden, und in eine Vertiefung herabgehenden, durch die Feder f niedergehaltenen Schraube k angedrückten Scheibe besteht. Zum bequemeren Gebrauche gibt man dem Instrumente noch den metallenen Stiel d und die hölzerne Handhabe e.

Um die Kugel mit der zu verdampfenden Flüssigkeit zu füllen, bringt man sie kurze Zeit über ein Kohlenfeuer, wodurch die in ihr befindliche Luft mittelst der Wärme ausgedehnt wird, hält man nun die Spitze des Röhrchens in eine Flüssigkeit, so steigen einige Tropfen der Flüssigkeit in die Kugel, diese werden durch Erhitzung der Kugel über Feuer in Dampf verwandelt, und treiben nun die Luft aus der Kugel, so daß, wenn man hierauf das Röhrchen in eine Flüssigkeit senkt, diese mit Heftigkeit in die Kugel einströmt; man läßt so viel Flüssigkeit in die Kugel treten als man für nöthig erachtet.

Es ist natürlich, daß man an einem auf die Bildung des Dampfes abzweckenden Instrumente die Eigenschaften des Dampfes selbst beobachten kann. Aus der Art wie dasselbe gefüllt wird, erkennt man, daß der Dampf die Luft gänzlich austreibt, denn läßt man die Röhre g nach der zweiten Erhitzung lange genug in die Flüssigkeit getaucht, so wird diese so lange einströmen, bis endlich die ganze Kugel mit derselben erfüllt ist. Aus dem Ausströmen des Dampfes erkennt man seine Elasticität, und wenn man den ausgetretenen Dampf beobachtet, so findet man, wie sich derselbe gleich nach dem Austritt in die kältere Luft verdichtet (condensirt) und Tropfen an entgegengesetzten kalten Körpern bildet. Man kann sich dieses Instrumentes auch mit weiteren Vorrichtungen zu Beobachtung der latenten Wärme (vergl. S. 429. ff.) des Dampfes, zum Kochen mit Dampf (vergl. S. 480.) u. s. w. bedienen.

Man hat schon in früheren Zeiten einige Anwendungen der Dampfkugel empfohlen, die manche geneigt sind für die ersten Versuche, Dampfmaschinen zu construiren, anzusehen s. d. Art. Dampfmaschine.

Dampfmaschine heißt jede Maschine, welche durch die elastische Kraft des Dampfes in Bewegung gesetzt wird.

Daß sich das Wasser durch die Wärme in Dampf verwandele, hat man längst gewußt, auch den Umstand, daß der Dampf, welcher sich bildet, wenn Wasser einer größeren Hitze ausgesetzt werde, mit einer gewissen Gewalt sich ausdehne. Hierauf beruht die Theorie der Dampfkugel (s. d. Art.), ein Instrument, welches schon im griechischen und römischen Alterthume bekannt war. Aber erst der neueren Zeit war es vorbehalten, die wichtige Entdeckung zu machen, daß der Dampf zum Beweger von Maschinen benutzt werden könne, ja daß derselbe alle bis dahin bekannten Beweger an Macht übertreffe. Der Grund, daß diese Entdeckung erst in so später Zeit gemacht worden, ist nicht allein die Erweiterung, welche die Naturwissenschaft in neuerer Zeit erlangt hat, sondern mehr noch der Umstand, daß die gesteigerten und vermehrten Bedürfnisse des zahlreicher gewordenen Menschengeschlechts überhaupt nur seit wenigen Jahrhunderten das Maschinenwesen erst erwünscht, dann unentbehrlich gemacht haben, und so die Aufmerksamkeit der Naturkun-

Digitized by Google

digen auf einen Gegenstand geleitet haben, der dieselben sonst wenig interessirte.

Zwar finden sich schon in früheren Zeiten einzelne Vorschläge, die Gewalt, mit welcher der Dampf aus der Dampfkugel und bei ähnlichen Vorrichtungen ausströmt, zu benutzen, namentlich zu Treibung eines Rades, aber man kann darin nicht die Anfänge der jetzt so riesenhaft wirkenden Dampfmaschine suchen, denn diese beruht keineswegs auf der Anwendung des Dampfes durch Stoß, wie jener Vorschlag zu Benutzung der Windkugel, und die so durch Stoß wirkende Kraft des sich entwikkelnden Dampfes ist zu gering, als daß sie irgend wie eine nützliche Maschine hätte in Bewegung setzen können. Als Entdecker der ungeheuren elastischen Kraft des Dampfes, dem ein Hinderniß zu freier Ausbreitung entgegengestellt wird, und als Erfinder der Dampfmaschinen ist anzuerkennen der Marquis von Worcester, ein Engländer. Dieser gab im Jahre 1663 ein Werk heraus, in dem er erzählt, daß er einen Kanonenlauf $\frac{3}{4}$ mit Wasser gefüllt und, nachdem die Mündungen desselben mit Schrauben verschlossen worden, über Feuer gesetzt habe, da sei denn der Kanonenlauf nach 24 Stunden mit einem großen Krach zerplatzt. Hierauf habe er dann eine Vorrichtung zu Hebung des Wassers mittelst des Feuers ersonnen, welche er Feuerpumpe nennt. Bei hinlänglicher Stärke der Gefäße (um den starken Druck auszuhalten,) könne man durch diese Feuerpumpe Wasser zu jeder beliebigen Höhe erheben. Die Beschreibung, welche er von seiner Maschine gibt, ist übrigens unvollständig und unverständlich. Man hat Worcester sein Verdienst absprechen wollen, ihn einen prahlerischen Schwärmer genannt, der vielleicht nichts eigenes dem schon bekannten hinzugefügt habe. Es ist wahrscheinlich, daß nie eine Dampfmaschine von Worcester hergestellt worden sei, aber der Gedanke zu einer solchen liegt ohnstreitig in dem von ihm Angeführten, und daß dieser Gedanke nicht sein eigener sei, kann nur dann bezweifelt werden, wenn derselbe Gedanke in einer früheren Schrift gefunden wird, welches bis jetzt nicht geschehen ist. Auch scheinen diejenigen, welche in der ersten Zeit nach ihm Dampfmaschinen ersonnen und hergestellt haben, den Gedanken Worcester's gekannt und aufgefaßt zu haben, denn bei allen diesen ist vorzugsweise nur von Hebung des Wassers die Rede, und es kommen bei ihnen Aeußerungen vor, welche von Bekanntschaft mit dem Werke Worcester's, auch ohne daß dieser ausdrücklich erwähnt würde, zeugen.

Die nächsten Ansprüche auf den Ruhm als Erfinder der Dampfmaschine zu gelten, hat nach Worcester Papin. Dieser ging von einem andern Gesichtspunkte aus, und seine Erfindung ist darum vielleicht ganz eigenthümlich. Er überlegte nämlich, daß ein Kolben in einem Cylinder durch die Atmosphäre herabgedrückt werden müsse, wenn unter dem Kolben ein luftleerer Raum im Cylinder gebildet werde. Er suchte erst mittelst des Schießpulvers solch einen leeren Raum herzustellen, da ihm dieses aber nicht vollständig gelang, so brachte er unter den Kolben etwas Wasser; der Kolben befand sich unmittelbar über diesem Wasser; wurde nun durch ein unter dem metallenen Cylinder angemachtes Feuer das Wasser in Dampf verwandelt, so hob sich der

Digitized by Google

Kolben; darauf wurde der Dampf abgekühlt, verwandelte sich dadurch wieder in Wasser, und unter dem Kolben entstand ein luftleerer Raum; die Atmosphäre drückte nun den Kolben im Cylinder herab. So konnte durch die Erhitzung und Abkühlung des Cylinders der Kolben in fortwährender Bewegung hinauf und herab erhalten werden. Diesen Gedanken theilte Papin im J. 1688 öffentlich mit. Auch hatte dieser geistreiche Gelehrte eine umfassendere Anwendung seiner Maschine im Sinne; er meinte, sie könne zu Ausschöpfung der Bergwerke, zum Bombenwerfen und zum Bugsiren der Schiffe gegen Wind und Wellen angewandt werden. Es ist ungewiß, ob Papin diese seine Maschine wirklich ausgeführt hat.

Der erste, der eine Dampfmaschine bekanntermaßen wirklich herstellte, war Savery. Er ist der erste gewesen, welcher ein Patent auf eine Dampfmaschine erhalten hat, im Jahre 1698. Das Jahr darauf zeigte er der Royal Society in London ein Modell seiner Maschine und stellte Versuche vor dieser Gesellschaft an. Der wesentliche Vorzug der Maschine Savery's vor der Papin's besteht darin, daß das Feuer nicht abwechselnd unter das Gefäß des Dampfes gebracht und wieder hinweg genommen zu werden braucht. Es wird vielmehr der Dampf aus einem Kessel, in dem er erzeugt wird, durch einen Hahn in einen Cylinder gelassen, wo er auf das darin befindliche Wasser drückt (die Savery'sche Maschine war nur zu Hebung des Wassers bestimmt und eingerichtet) und es in die Höhe hebt. Darauf wird der Hahn geschlossen und durch Abkühlung des Gefäßes mittelst von Außen darauf gegossenen kalten Wassers der Dampf verdichtet. In den so entstandenen leeren Raum tritt durch den Druck der Atmosphäre*) von unten Wasser ein; und nun wiederholt sich der Proceß durch Oeffnung des Hahnes, der den im Dampfkessel gebildeten Dampf einläßt. Der Dampfkessel hat ein Sicherheitsventil, um ihn vor dem Zerplatzen zu hüten. Dieses Sicherheitsventil ist eine Erfindung Papin's und soll sogleich bei der Maschine Newcomen's beschrieben werden. Nach Bekanntwerdung der Maschine Savery's hat Papin eine neue Construction der Dampfmaschine angegeben, bei der, wie bei seiner ersten Maschine, ein Kolben angebracht war, die aber nur, wie die Saveryſche, die Bestimmung hatte, Wasser durch den Druck des Wasserdampfes zu heben; doch schlug Papin vor, das gehobene Wasser als Beweger von Maschinen (wie bei Wassermühlen) anzuwenden.

Die Vortheile der ersten Papin'schen und Savery'schen Maschine vereinigte Newcomen in der von ihm, Savery und Cowley erfundenen Dampfmaschine, auf welche die genannten 1705 ein Patent erhielten. Fig. 193. stellt diese Maschine vor, und ich will eine genauere Beschreibung derselben geben. B ist der Dampfkessel, welcher über dem Feuer steht, welches in dem unter ihm befindlichen Ofen angemacht ist. Der metallene Kessel ist indeß nur zum Theile mit Wasser gefüllt, so daß über ihm noch ein Raum bleibt, in welchem

*) S. den Art. Pumpe.

sich der Dampf, welcher durch das Feuer aus dem Wasser erzeugt wird, ansammeln kann. Dieser Kessel steht oberwärts in Verbindung mit dem metallenen Cylinder C durch die kurze Röhre S. Diese Verbindung kann aber durch eine bei p angebrachte sehr genau schließende Scheibe geschlossen werden. Diese Scheibe kann durch den mit ihr in Verbindung stehenden Arm b um ihre durch den Kessel luftdicht gehende Axe a gedreht werden, so daß die Verbindung zwischen Kessel und Cylinder beliebig geöffnet und geschlossen werden kann. Der Cylinder hat ferner bei M' ein Sicherheitsventil. Der Zweck des Sicherheitsventiles ist überhaupt der, zu verhüten, daß bei einem zu stark werdenden Drucke des im Innern des Kessels befindlichen Dampfes der Kessel zersprengt werde. Die Einrichtung des hier angebrachten, von Papin erfundenen, Sicherheitsventiles ist folgende. Das Ventil wird durch eine Hebelstange niedergehalten, die auf der einen Seite des Ventiles in einem Gelenke gehalten wird. Auf der anderen Seite des Hebels ist ein verschiebbares Gewicht, je weiter dieses nach dem Ende des Hebelarmes vom Ruhepunkte abgeschoben wird, desto schwerer wird sich das Ventil durch den inneren Druck öffnen, je näher hingegen dieß Gewicht an den Ruhepunkt des Hebels gebracht wird, bei einem desto geringeren Drucke von innen des Kessels öffnet sich das Ventil. So hat man es in seiner Gewalt, wie stark man die Spannung des Dampfes im Kessel werden lassen will. Der Kessel hat endlich noch zwei Hähne m, m, von denen der eine etwas tiefer als der andere steht. Diese zeigen, wenn man sie öffnet, an, wie hoch das Wasser noch im Kessel stehe, denn befindet sich das Niveau des Wassers unter einem dieser Hähne, so wird kein Wasser mehr aus diesem herausschießen, wenn er geöffnet wird. Befindet sich das Niveau des Wassers über der inneren Mündung des Hahnes, so wird durch den Druck des Dampfes das Wasser, wie aus einer Fontäne herausgepreßt. Auf diese Weise erfährt man, wann es Zeit sei, den Kessel mit neuem Wasser zu speisen. Der oben offene Cylinder über dem Kessel hat bei N eine Oeffnung, in welche die Injectionsröhre (Einspritzröhre) M ausläuft. Diese ist mit einem Siebe verschlossen. Außerdem hat der Cylinder in seinem Boden noch eine Oeffnung, durch welche die Röhre Q geht, und auf der entgegengesetzten Seite etwas über dem Boden einen von unten nach oben umgekrümmten, mit einem Ventil V geschlossenen Aufsatz, welcher von einem kleinen Bassin mit Wasser umgeben ist, das den Eintritt der Luft verhindern soll. Im Cylinder C befindet sich nun der luftdicht schließende Kolben P. Auf der Oberfläche des Kolbens befindet sich etwas Wasser, welches das Eindringen der auf den Kolben drückenden atmosphärischen Luft hindern soll. Dieses Wasser kommt durch die Röhre O' aus dem Gefäße L. An den Kolben ist die Stange A befestigt, und diese hängt durch eine Kette mit dem Ende D des Balanciers DF zusammen. Dieser Balancier ist ein bei G seinen Unterstützungspunkt habender großer Hebel, an dessen Enden gleiche Bogen von gleichen Kreisen EF und DW angebracht sind. Bei E'F' hat er noch einen kleineren ähnlichen Bogen. Bei E ist ebenfalls eine Kette angebracht, die nach der Stange H geht, und diese ist die Pum-

Digitized by Google

penstange, mittelst welcher das Wasser aus dem Bergwerke gehoben werden soll. Eine dritte Kette geht von E' nach einer Pumpenstange H'. Durch Druck wird mittelst dieser durch die Röhre R Wasser nach dem Behälter L gebracht, der es in die Röhre O' und M ergießt. Folgendes nun ist die Art und Weise, auf welche die Maschine in Bewegung gesetzt wird. Der Kolben P befinde sich auf dem Grunde des Cylinders C, und alle Hähne der Maschine sollen geschlossen sein. Nachdem der Dampf mit erforderlicher Stärke in B erzeugt worden, wird der Regulator P geöffnet, der Dampf steigt durch die Röhre S nach dem Cylinder, und indem er den Gegendruck der Atmosphäre, welche den Kolben niederhält, überwindet, hebt er diesen in die Höhe. Damit dieses leichter geschehe, ist bei I ein Gegengewicht des Kolbens angebracht. So wie der Kolben an der offenen Oberfläche des Cylinders ankommt, wird mit dem Regulator der weitere Zugang des Dampfes gehindert, und der Hahn O' geöffnet, sogleich spritzt nach allen Seiten durch die Sieblöcher bei N kaltes Wasser aus dem Behälter L in den Cylinder, der Dampf in diesem condensirt sich und nimmt nun einen bei weiten geringeren Raum als vorher ein, so entsteht eine Leere unter dem Kolben, die Atmosphäre, welche nun keinen Widerstand im Innern des Cylinders mehr hat, drückt den Kolben in den Cylinder herab. Das in diesem befindliche, durch den Dampf warme Wasser wird durch die Röhre Q nach dem unteren Behälter getrieben. Diese Röhre ist umgebogen und bei v mit einem Ventile geschlossen, welches sich durch den Druck des mit Gewalt vom Kolben durch die Röhre getriebenen Wassers öffnet. Die Luft, welche sich in dem Dampfe und dem eingespritzten Wasser befindet, wird durch das Ventil V entlassen. Die umgekrümmte Röhre, welche dieses Ventil schließt, ist in ein kleines Gefäß mit Wasser gesenkt, welches den Zutritt der Luft verhindern soll. Der Hahn O ist wieder geschlossen, der Kolben auf dem Boden des Gefäßes, also alles wieder in dem anfänglichen Zustande, und dreht man nun wieder den Regulator, so daß dem Dampfe in B der Zugang nach C gestattet wird, so kann die Bewegung der Maschine aufs neue in der eben beschriebenen Art vor sich gehen. Man begreift leicht, daß mit Hebung und Senkung des Kolben, der Arm E F des Balanciers sinkt und steigt, und so die geforderte Wirkung der Pumpenwerke, zu denen die Stangen H und H' gehören, eintritt.

Alle derartigen Maschinen, deren Charakteristisches ist, daß der Cylinder oben offen ist und der Kolben durch den Druck der Atmosphäre im Cylinder herabsteigt, heißen atmosphärische Dampfmaschinen.

Newcomen's Maschine hatte das Unbequeme, daß stets ein Mensch bei ihr mit wechselsweiser Oeffnung und Schließung der Hähne beschäftigt war. Doch wurde dieser Unbequemlichkeit nicht abgeholfen, bis ein Kind, Humphrey Potter, welches bei einer derartigen Maschine angestellt war, um die Hähne zu drehen, dabei aber viel lange Weile empfand, eine Vorrichtung von Haken und Schnüren ersann, die es so an dem Balancier und den Hähnen anbrachte, daß diese durch die Bewegung des Balanciers zu rechter Zeit geöffnet und geschlossen

Digitized by Google

wurden; auf diese Weise war die Selbststeuerung der Maschine bewirkt. Man ersann später bessere und haltbarere Vorrichtungen zu demselben Zwecke.

Die atmosphärische Maschine erreichte den Grad von Vollendung, in dem sie beschrieben worden, im J. 1712; es wurden an mehreren Orten ähnliche Maschinen hergestellt. Noch allgemeiner gebräuchlich wurde sie indeß durch die von Beighton an ihr angebrachten Verbesserungen.

Leupold ersann eine einfache Vorrichtung, um mittelst eines Dampfkessels die Kolben in zwei Cylindern, und durch diese zwei Balanciers in Bewegung zu setzen. Die Zeichnung (Fig. 194.) zeigt das Wesentliche seiner Erfindung vollständig. B ist der Dampfkessel, C und C sind die Cylinder. Der Kreis unter S bezeichnet den Querdurchschnitt eines Hahnes mit vier Oeffnungen. So wie dieser Hahn gedreht wird, wird bald der eine, bald der andere Cylinder mit dem Dampfkessel in Verbindung gesetzt, indeß aber der andere mit der Luft, und so steigt immer der eine Kolben, während der andere sinkt. Hierin erkennt man den ersten Gedanken an eine Dampfmaschine von hohem Druck.

Jonathan Hulls war (nach Papin s. S. 483.) der erste, der an eine Anwendung der Dampfmaschine in der Schifffahrt dachte, und 1736 ein Patent auf eine Erfindung erhielt, die streng genommen, den Namen eines Dampfschiffes verdient. Die Art und Weise, wie er (nach einer über seine Erfindung von ihm ausgegebenen Schrift) die Wechselbewegung der Dampfmaschine in eine fortwährend in einem Sinne drehende Bewegung umzuwandeln suchte, war scharfsinnig, wenn auch nicht eben anwendbar.

Die Anwendung des Dampfes bei Dampfmaschinen war es vorzüglich, welche die Physiker zu genaueren Untersuchungen über die Natur des Dampfes veranlaßte, wie dieselben im Art. Dampf mitgetheilt worden sind. Zu der größten Vollendung gelangte die atmosphärische Maschine durch John Smeaton (1724—1792). Derselbe entwarf im J. 1765 eine tragbare atmosphärische Maschine, um Versuche anzustellen, die er im J. 1769 vornahm. Es war diese die erste Maschine, welche eine Einrichtung hatte, vermöge der sie von einem Orte zu einem anderen gebracht werden konnte. Der Feuerherd war im Innern des Dampfkessels angebracht, und statt eines gewöhnlichen Balanciers diente ein Rad, welches einen Durchmesser von ungefähr zwei Meter hatte, um mit Hilfe einer Kette die Bewegung des Kolbens der Pumpenstange mitzutheilen. Die Kraft der Maschine war die von vier Pferden, wenn man die Kraft eines Pferdes 4,500 Kilogr. annimmt. Smeaton war besonders bemüht, den Dampfmaschinen eine solche Einrichtung zu geben, daß der nöthige Aufwand an Feuerungsmaterial im Verhältniß zur Wirkung möglichst gering wäre, und es scheint ihm gelungen zu sein, ungefähr um ein Drittel diesen Aufwand zu verringern.

John Blakey erhielt im J. 1766 ein Patent auf eine neue Art die Maschine von Savery herzustellen. Er bediente sich nämlich

Digitized by Google

zweier über einander angebrachter Behälter, die durch eine Röhre mit einander in Verbindung gesetzt waren. Die unmittelbare Berührung des Dampfes und des Wassers (welche nach Savery's Einrichtung stattfand) sollte durch eine Schicht Oel verhindert werden, die eine Art Kolben oder flüssigen Schwimmer bildete. Er schlug vor, die Luft einzulassen, um eine Schicht zwischen dem Dampfe und dem Wasser zu bilden, und so die Condensation zu verhindern, welche bei Hebung des Wassers durch den Dampf eintrat. Blakey scheint auch der erste gewesen zu sein, welcher vorschlug, cylinderförmige Röhren statt der Kessel zu Erzeugung des Dampfes anzuwenden.

Die größten Fortschritte machte indeß der Dampfmaschinenbau durch James Watt (1739 — 1819). Er stellte genaue Untersuchungen über die Natur des Dampfes an, und gründete hierauf seine Verbesserungen und Erfindungen an der Dampfmaschine. Im J. 1760 erhielt er ein Patent auf seine Methode, die Consumtion an Dampf und damit den Aufwand an Brennmaterial bei den Dampfmaschinen zu verringern. Diese seine Verbesserungen legte er folgendermaßen aus einander: „1) Das Gefäß, in welchem die Kraft des Dampfes angewandt werden soll, um die Maschine in Gang zu bringen, welches bei den gewöhnlichen Dampfmaschinen Cylinder, von mir Dampfgefäß genannt wird, muß während der ganzen Zeit, wo die Maschine in Bewegung ist, auf dem nämlichen Wärmegrade erhalten werden, welchen der hineingeführte Dampf hat. Deßwegen umgeb' ich dasselbe mit einer Hülle von Holz, oder mit irgend einem andern Stoffe, der nur ein schlechter Wärmeleiter ist; ferner umgeb' ich es mit Dampf oder irgend einem andern warmen Körper; endlich laß ich während der Zeit weder Wasser, noch sonst eine Substanz, die kälter als der Dampf ist, in dasselbe eintreten, selbst nicht in die Nähe desselben kommen. 2) Bei denen Maschinen, die ganz oder zum Theil durch Condensation des Dampfes bewegt werden sollen, muß der Dampf in Gefäßen condensirt werden, die vom Dampfcylinder getrennt sind, die aber nach Bedürfniß unter einander in Verbindung gesetzt werden können. Diese Gefäße heißen Condensatoren. Während die Maschinen in Thätigkeit sind, müssen diese Condensatoren wenigstens so kalt, wie die umgebende Luft erhalten werden, und dieß mittelst Wassers oder anderer kalter Körper. 3) Der Theil von Luft, oder von irgend einer anderen expansiblen Flüssigkeit, der durch die Wirkung des Condensators nicht condensirt worden, und welcher der Bewegung der Maschine hinderlich sein kann, muß aus den Gefäßen oder Condensatoren ausgetrieben werden, mit Hilfe vom Pumpen, die durch die Maschine selbst, oder auf andere Weise in Bewegung gesetzt werden. 4) Ich will in verschiedenen Fällen die Elasticität des Dampfes so anwenden, daß sie auf die Kolben, oder auf das, was an deren Stelle gesetzt werden kann, in derselben Weise wirkt, in der man sich jetzt des Druckes der Atmosphäre bei den gewöhnlichen Dampfmaschinen (den atmosphärischen Dampfmaschinen) bedient. In den Fällen, in welchen man sich nicht alles nöthige Wasser verschaffen kann, können die Maschinen durch die Kraft des Dampfes allein in Bewegung gesetzt werden, indem man den Dampf, nachdem er gewirkt hat,

Digitized by Google

in die Luft entweichen läßt. 5) Wenn man Rotationsbewegungen um eine Axe haben will, so gebe ich den Dampfgefäßen die Gestalt hohler Ringe oder kreisförmiger Kanäle, die mit Eingängen und Ausgängen für den Dampf versehen, und wie die hydraulischen Räder auf horizontale Axen bezogen sind; im Innern dieser Ringe oder Kanäle befindet sich eine gewisse Anzahl Ventile, welche nur in Einer Richtung längs der Leitung den Durchgang gestatten. Diesen Dampfgefäßen sind Gewichte angepaßt, die so vertheilt sind, daß sie einen Theil ihrer Kanäle erfüllen, aber indem ihnen zugleich die Möglichkeit gelassen wird, sich frei darin zu bewegen, mit Hilfe derjenigen Mittel, welche später beschrieben werden. Wenn der Dampf in diese Maschinen geleitet ist, zwischen die Gewichte und die Ventile, so wirkt er gleichmäßig auf beide, so daß er auf einer Seite des Rades die Gewichte hebt, und daß er, durch die fortgesetzte Gegenwirkung auf die Ventile, dem Rade eine kreisförmige Bewegung ertheilt, indem sich die Ventile in der Richtung öffnen, in der die Gewichte fortgestoßen werden, aber nicht im entgegengesetzten Sinne. 6) In einigen Fällen will ich einen gewissen Kältegrad anwenden, der nicht hinreicht, den Dampf in Wasser umzuwandeln, aber der im Stande ist, ihn bedeutend zusammenzuziehen, so daß die Maschine durch die abwechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung des Dampfes in Gang gebracht werde. — Endlich, anstatt mich des Wassers zu bedienen, um die Luft und das Wasser abzuhalten, durch die Fugen des Kolbens oder der anderen Theile der Maschine zu entweichen, bediene ich mich des Oels, des Wachses, harziger Substanzen, thierischen Fettes, des Quecksilbers und anderer Metalle im flüssigen Zustande. — Ich habe, wohl zu merken, nicht die Absicht, das in No. 4. enthaltene bei den Maschinen anzuwenden, wo das zu hebende Wasser in das Dampfgefäß selbst, oder in ein anderes mit demselben in Verbindung stehendes Gefäß tritt.“

Alle hierin ausgesprochenen Gedanken sind später mit größerer oder geringerer Vollkommenheit theils von Watt, theils von anderen ausgeführt worden, und die Dampfmaschinenkunde ist dadurch zu dem jetzt von ihr erreichten Grade von Vollkommenheit gediehen. Im Jahre 1782 erhielt Watt ein neues Patent, welches mehrere Methoden der Anwendung des Dampfes betraf, unter denen die wichtigste die doppeltwirkende Dampfmaschine ist, bei welcher der Dampf abwechselnd auf die eine und andere Seite des Kolbens wirkt, indessen auf der anderen Seite ein leerer Raum erzeugt wird. Mittelst dieser Maschine kann der Cylinder in derselben Zeit die doppelte Wirkung hervorbringen, indem der Druck und die Condensation des Dampfes während der Dauer des Hinauf- und Herabsteigens des Kolbens stattfindet. Die bisherigen Dampfmaschinen hatten einen sehr unregelmäßigen Gang gehabt, was ihrer allgemeineren Anwendung durchaus im Wege stand; Watt fand Mittel, die Kraft der Dampfmaschinen zu reguliren, indem er die Oeffnung der den Gang der Maschine regulirenden Ventile, welche dem Dampfe die Wirksamkeit unter dem Kolben gestatten, begrenzte, und sie während des ganzen Verlaufs bis zu demselben Grade geöffnet ließ; indem er ferner diese Ventile nur zu An-

fang sich öffnen, sich aber sofort schließen ließ, wenn der Kolben nur erst einen Theil seines Ganges vollendet hatte; oder endlich, indem er sich einer Drehklappe bediente, welche dem Dampfrohre angepaßt war. und die, nach Art eines Schutzbrettes bei Mühlen wirkend, nur so viel Dampf eintreten läßt, als gerade nöthig ist, die gewünschte Wirkung hervorzubringen. Die beste dieser Methoden zu Regulirung der Kraft der Maschine ist die zweite, und auf ihr beruht die sogenannte Expansionsmaschine von Watt. Watt machte noch in Bezug auf Construction sowohl, als auf Anwendung der Dampfmaschinen eine Menge nützlicher Erfindungen, von denen die wichtigsten bei der genaueren Beschreibung der Watt'schen Maschinen erwähnt werden sollen.

Hornblower suchte bei seinen Dampfmaschinen in etwas anderer Weise, als Watt bei seinen Expansionsmaschinen schon gethan hatte, von dem Umstande Vortheil zu ziehen, daß der Dampf noch weiter durch Expansion wirkt, wenn schon der directe Zufluß des Dampfes aus dem Dampfkessel aufgehört hat. Außerdem schlug er auch zwei Arten von Rotationsmaschinen vor, allein es scheint keine derselben zur Ausführung im Großen gekommen zu sein.

Im J. 1782 wurde das erste Dampfschiff vom Marquis de Jouffroy erbaut, und seitdem beschäftigten sich viele Mechaniker mit der Construction von Dampfschiffen.

Auch der Gedanke an Rotationsmaschinen wurde, trotz der fehlgeschlagenen Versuche, nicht aufgegeben. Cooke (1789), Bramah und Dickinson (1790) und Sadler (1791) machten derartige Erfindungen. Im Ganzen beschäftigte man sich von nun an mehr mit Untersuchungen über die Natur des Dampfes (s. d. A.), als mit Auffindung wesentlich neuer Constructionen der Dampfmaschinen; auch ließen sich wahre Verbesserungen erst nach Erlangung jener Kenntnisse erwarten.

Cartwright suchte die Construction der Dampfmaschinen zu vereinfachen, und erfand eine Rotationsmaschine. Mancherlei Verbesserungen verdankt die Dampfmaschine in der Construction einzelner Theile Murray, Murdoch, Bramah u. a. Robison erwarb sich große Verdienste um die Theorie.

Schon Leupold und Watt (s. S. 487.) hatten den Gedanken an Maschinen mit hohem Drucke ausgesprochen, dieselben wurden aber erst 1802 durch Trevithick und Vivian wirklich ausgeführt. Ihre Maschinen von hohem Drucke waren besonders bestimmt, Wagen auf Eisenbahnen in Gang zu bringen; der erste Versuch wurde mit diesen Dampfwagen auf Eisenbahnen 1805 bei Merthyr Tidvil gemacht.

Die Dampfmaschine in ihrer Construction für sich, ohne Rücksicht auf Anwendung zu Dampfwagen, Dampfschiffen u. s. w. hat wohl ihre größte Vollendung erreicht und kann nur noch in einzelnen Theilen Verbesserungen erleiden; nur die sogenannten Rotationsmaschinen scheinen noch, wenn überhaupt eine vollkommene Construction derselben möglich ist, ein größeres Feld der Uebung dem Erfindungsgeiste darzubieten. Uebrigens liest man fast in allen Tagesblättern, namentlich in den englischen, Ankündigungen neuerer Erfindungen, die alles Frü-

Digitized by Google

here weit übertreffen sollen, allein man muß mit Recht hierbei vorsichtig im Glauben sein, und nicht eher das anerkannt Gute, um ein höchst zweifelhaft Besseres hintenansetzen, bis dieses durch die Erfahrung als solches sich bewährt hat. Es gereicht der englischen Nation zu großer Ehre, daß sie bei Erfindung und allseitiger Anwendung der Dampfmaschinen allen anderen Nationen vorangegangen ist, doch dürfen diese darum in Bezug auf Erfindungsgeist nicht den Engländern nachgestellt werden; uns fehlt zwar nicht der Geist und nicht der Dampf, aber wohl was erst diesen in Thätigkeit zu setzen vermag, das Geld; die unzähligen mißlungenen Versuche, welche die Engländer mit der eben so kostbaren als nützlichen Maschine angestellt, haben ungeheure Summen gekostet, die kein anderes Volk, als etwa noch die Nordamerikaner, aufzutreiben im Stande sein dürfte.

Aus dem vorhergehenden kurzen Abriß der Erfindung der Dampfmaschinen geht hervor, daß bei allen Dampfmaschinen die elastische Kraft des Dampfes thätig war, bei einigen wurde der Dampf condensirt, bei anderen nicht. Hiernach können wir im Allgemeinen zwei Hauptarten von Dampfmaschinen unterscheiden, nämlich Dampfmaschinen ohne Condensation und Dampfmaschinen mit Condensation.

Die Dampfmaschinen ohne Condensation, gewöhnlich Hochdruckmaschinen genannt, werden durch Dampf von sehr bedeutender Elasticität in Bewegung gesetzt. Dieser stößt den Kolben im Cylinder fort, und man läßt ihn, nachdem er diese seine Wirkung vollbracht hat, in die Atmosphäre entweichen. Die bewegende Kraft dieser Maschinen wird durch den Ueberschuß des Druckes des Dampfes über den der Atmosphäre bestimmt.

Die wesentlichen Theile einer Hochdruckmaschine stellt im Durchschnitt Fig. 195. vor. C ist der Dampfcylinder, in welchem sich der Kolben P hinauf und herab bewegt, die Kolbenstange bewegt sich luftdicht in der Stopfbüchse*) L. Der Cylinder steht, um die Abkühlung desselben und dadurch mögliche Condensirung des Dampfes zu vermeiden, im Dampfkessel, dessen obere Fläche DB ist, selbst drin. Aus diesem Dampfkessel strömt der Dampf bei S durch den Kanal Vt in den Cylinder über den Kolben, der dadurch herabgedrückt werden wird. Zugleich steht der Raum im Cylinder unter dem Kolben P mit der Atmosphäre durch den Kanal baE in Verbindung, und der sich unter dem Kolben P befindliche Dampf wird also beim Herabgehen des Kolbens durch den Kanal baE in die Atmosphäre entweichen. Diese beiden Kanäle gehen durch den Hahn bei A, welcher, wie die Figur zeigt, doppelt durchbohrt ist; so wie der Kolben fast das untere Ende des Cylinders erreicht hat, macht dieser Hahn bei A aber eine Viertelsdrehung; er bekommt diejenige Stellung seiner Oeffnungen, welche Fig. 196. zeigt. Man sieht leicht, daß nun der Dampf seinen Weg durch SVab nach dem Cylinder unter dem Kolben P nehmen, diesen wieder empordrücken, und den Dampf

*) Die Erklärung und nähere Beschreibung solcher einzelnen Theile der Dampfmaschinen siehe unter Einzelne Theile der Dampfmaschinen im Folg.

Digitized by Google

über P durch den offen gewordenen Kanal t E in die Atmosphäre austreiben wird. Die Drehklappe V dient die Zulassung des Dampfes aus dem Kessel zu reguliren. Die Kolbenstange ist nun mit dem einen Arme eines Balanciers in Verbindung gesetzt, dessen anderer Arm ein Schwungrad in Bewegung setzen kann, mit dessen Axe wieder die weitere Maschinerie, welche die Dampfmaschine bewegen soll, in Verbindung steht. Von der Bewegung des Hahnes bei A hängt der ganze Gang der Maschine ab, man nennt diese Regulirung des Ganges, welcher Mittel man sich auch bedienen mag, die Steuerung der Maschine. Eine andere Art die Steuerung zu bewirken ist die, wo man statt des doppelt durchborten Hahnes einen Schieber anwendet. Fig. 197. stellt eine solche Vorrichtung vor; deren horizontalen Durchschnitt Fig. 198. zeigt. C ist der Cylinder, P der Kolben mit der Kolbenstange R, die luftdicht durch die Stopfbüchse L geht, DB die Oberfläche des Kessels, in den der Cylinder eingesenkt ist; mn ist der Schieber, welcher in einem halbcylindrischen Troge besteht, der nach a hin geschlossen, auf der entgegengesetzten Seite aber geöffnet ist, er ist an die Stange pg befestigt, welche durch die Maschine selbst hinauf und herabgestoßen wird, und dieselbe Bewegung also auch dem Schieber mittheilt, welcher nun mit seinen vorspringenden mittelst einer Hanfliederung versehenen Enden, abwechselnd die Kanäle t und b mit S verbindet, so daß der bei S aus dem Kessel kommende Dampf, abwechselnd über und unter den Kolben gelangen und auf denselben wirken kann. Gleichzeitig öffnet sich dadurch abwechselnd der Canal, der aus dem Cylinder nach E geht, durch welche Röhre E der Dampf in die Atmosphäre entweicht. Diese Röhre E ist mit einer anderen mit Wasser gefüllten Röhre W umgeben. Dieses Wasser wird durch den Dampf erwärmt und verbraucht um den Kessel zu speisen.

Bei den erwähnten Maschinen wird alle Wirkung dadurch hervorgebracht, daß der einströmende Dampf einen Druck auf den Kolben ausübt der ihm der Temperatur nach zukommt, mit der er aus dem Kessel strömt. Es wurde aber schon bemerkt, daß der Dampf die Eigenschaft hat, bei Nachlassung des Druckes, auf ähnliche Art wie die Luft, sich in einen größeren Raum auszudehnen, ohne daß dazu ein neuer Zufluß von Wärme nöthig ist; — er verläßt dabei nur den Zustand größter Dichte, mit der er aus dem Kessel trat, — er kann also vermöge seiner Ausdehnung noch eine neue Wirkung hervorbringen. Diese Wirkung des Dampfes durch Expansion wurde bei den beschriebenen Dampfmaschinen nicht benutzt, denn man ließ so lange Dampf von größter Dichte einströmen bis der Kolben seinen Gang nach unten oder oben vollendet hatte, und sogleich wirkte auf denselben wieder Dampf von größter Dichte im entgegengesetzten Sinne. Bei der folgenden (Fig. 199.) abgebildeten Dampfmaschine ist die Wirksamkeit des Dampfes durch Expansion benutzt. Die ganze Einrichtung der Maschine ist ähnlich der der beschriebenen Fig. 195. und Fig. 197, nur die Steuerung wird anders bewirkt. In der Röhre AB nämlich, in die der Dampf durch die Oeffnung S tritt, bewegt sich (durch die Maschine selbst in Bewegung gesetzt) die Stange pg, an der die Kolben K und K' so ange-

Digitized by Google

bracht sind, daß sie beim Hinauf- und Hinuntergehen der Stange abwechselnd die Kanäle t, b und die Röhren u, a schließen, welche letzteren zur Ausgangsröhre E führen. Man denke sich erstens den Kolben A ganz oben stehend, so ist die Röhre u geschlossen, der Kanal t ist offen, und eben so die Verbindung unter dem Kolben durch b a E geöffnet. Es dringt also auf dem Wege S t Dampf von höchster Dichte über den Kolben P und bringt diesen in Bewegung nach unten, während der unter P befindliche Dampf auf dem Wege b a E in die Atmosphäre entweicht. Noch ehe aber der Kolben P auf dem Grunde des Cylinders angekommen ist, geht der Kolben K (mit der Stange p g) herab, nnd nimmt die in der Figur aufgefaßte Stellung ein, nun bleibt zwar der Weg b a E für den Dampf, der noch unter dem Kolben P ist, offen, aber über den Kolben P kann kein Dampf mehr aus dem Kessel gelangen, der Dampf von größter Dichte über P preßt aber durch Expansion den Kolben P vollends nach unten. So wie P unten ankommt, sinkt auch die Stange p g, verstopft mit dem Kolben K' die Röhre a, es steigt Dampf von größter Dichte durch S b unter den Kolben, zugleich ist oben der Weg t u E für den Dampf über dem Kolben geöffnet, u. s. w. Es leuchtet ein, daß bei dieser Maschine eine große Menge Dampf erspart wird im Verhältniß zu den vorhin beschriebenen Maschinen.

Mit dem Dampfe geht indeß bei allen Hochdruckmaschinen viele Wärme unnütz verloren, dazu kommt, daß die Erzeugung von Dampf mit hohem Drucke, im Verhältniß zu Erzeugung eines gleichen Gewichts Dampf von niederem Drucke, mehr Brennmaterial erfordert. Diese Maschinen werden daher anderen Dampfmaschinen nur dann vorzuziehen sein, wenn es darauf ankommt, eine Dampfmaschine von großer Wirkung in einem kleinen Raume anzubringen, wenn Wasser zur Condensation nicht leicht, oder nur mit Aufwand eines Theiles von Kraft, welcher den Vortheil der Maschine zu sehr herabsetzte, herbeigeschaft werden könnte. Der Vortheil, den die Hochdruckmaschinen vor anderen Dampfmaschinen wegen der größeren Elasticität des bei ihnen angewandten Dampfes zu haben scheinen, wird aufgewogen durch die viel größere Reibung, welche das dampfdichte Schließen der Kolben und der Stangen in den Stopfbüchsen bewirkt, durch die Vergänglichkeit der einzelnen Theile der Maschine, welche so bedeutend angegriffen werden und endlich durch die größere Gefahr des Zerspringens der Kessel, welche Dampf von hohem Drucke enthalten. Den größeren Aufwand an Brennmaterial bei Hochdruckmaschienen kann man dadurch aufwiegen, daß man den entweichenden Dampf nicht ungenutzt in die Atmosphäre gehen läßt, sondern sich desselben zur Erwärmung von Wasser, Heitzung u. a. bedient.

Haykraft hat eine Maschine angegeben, bei welcher der Verlust an Dampf durch den Kolben beinahe ganz vermieden wird, und welche Prechtl beschreibt: (Fig. 200.)

A ist der Dampfkessel, B ein von dem unteren Theile desselben in den Cylinder C führendes Rohr. In diesem Cylinder befindet sich der Kolben K mit der Kolbenstange, welche so dick ist, daß ihr Quer-

Digitized by Google

schnitt die Hälfte der Kolbenfläche K einnimmt: der Durchmesser des Kolbens sich also verhält zum Durchmesser der Kolbenstange wie 1 : 0, 707; F ist die Stopfbüchse. Das Rohr B stellt eine freie Verbindung des unter dem Kolben befindlichen Raumes des Cylinders mit dem Wasserraume des Kessels her; wenn nun durch das Dampfrohr D der Dampf auf die Kolbenfläche K drückt, welcher Druck noch einmal so groß ist, als jener des Wassers auf die untere Fläche des Kolbens, so wird der Kolben niedergedrückt, indem das Wasser durch das Rohr B zum Theil in den Kessel A zurücktritt. Schließt sich nun das Dampfrohr D, und öffnet sich das Ventil des Rohres E, welches den Dampf, der gewirkt hat, abführt; so drückt das Wasser vermöge des Dampfdruckes im Kessel auf die untere Fläche des Kolbens, und drückt diesen mit derselben Gewalt in die Höhe, als er vorher von dem Dampfe unmittelbar niedergedrückt worden ist. Dadurch wird der Dampfverlust durch den Kolben vermieden, weil das Wasser auf der anderen Seite des Kolbens mit ihm gleiche Temperatur hat. Die dicke Kolbenstange verursacht eine große Reibung in der Stopfbüchse, welche den größten Theil des auf diese Art erhaltenen Gewinnes wieder erschöpfen würde. Um dieses zu vermeiden, könnte man die Einrichtung so treffen, daß die Kolbenstange nur die gewöhnliche Dicke erhielte, dagegen (an dem einen Ende des unten angebrachten Balanciers) mit einem Gewichte versehen würde, welches dem halbem Drucke auf die Kolbenfläche mit Einrechnung des Querschnittes der Kolbenstange gleich ist.

Diese Einrichtung hat indeß wieder einen ihr eigenthümlichen Nachtheil darin, daß die bedeutend dicke Kolbenstange eine um so größere Reibung in der Stopfbüchse hat, so daß dadurch der größte Theil des durch die übrige Einrichtung gewonnenen Vortheils wieder verloren geht. Prechtl schlägt vor, der Kolbenstange nur die gewöhnliche Dicke zu geben, dagegen (an dem einen Ende des unten angebrachten Balanciers) dieselbe mit einem Gewichte zu versehen, welches dem halben Drucke auf die Kolbenfläche mit Einrechnung des Querschnittes der Kolbenstange gleich ist.

Es gibt endlich noch eine Art von Dampfmaschinen ohne Condensation, die durch Expansion mittelst eines doppelten Cylinders wirkt, nach von Hornblower angegebener Methode. In Fig. 201. ist C der Cylinder für den nicht ausgedehnten Dampf, und B der Cylinder, in welchem der Dampf durch Expansion wirkt. Der Dampf kommt bei S aus dem Kessel, geht durch den Kanal t bis zur Höhe des kleinen Cylinders, und stößt den Kolben herab. Der Dampf, welcher vorher in dem Cylinder C war, geht durch den Kanal b, steigt durch die Röhre e und tritt durch a in den größern Cylinder B, hier dehnt er sich aus und bewirkt dadurch das Herabsteigen des Kolbens P. Der ausgedehnte Dampf unterhalb des Kolbens entweicht durch den Kanal c und durch d in die Atmosphäre. Wenn durch die Stangen h und g die an denselben befindlichen Kolben nachher heruntergedrückt sind, so wirkt in beiden Cylindern der Druck des Dampfes im entgegengesetzten Sinne, und der ausgedehnte Dampf entweicht durch den Kanal a und die Oeffnung bei f in die Atmosphäre.

Digitized by Google

Die Dampfmaschine mit Condensation unterscheidet sich von den bisher erwähnten Maschinen dadurch, daß der Dampf nicht aus dem Cylinder in die Atmosphäre entweicht, sondern condensirt, in tropfbare Flüssigkeit umgewandelt wird. Die bewegende Kraft ist beinahe gleich der Kraft, welche der Dampf im Kessel hat; die Wirkung wird durch den Unterschied des Volumens bestimmt, welches der Dampf im Verhältniß zur Flüssigkeit einnimmt. — Die wesentlichen Theile einer solchen Maschine mit einfacher Wirkung bestehen in einem Cylinder, der an seinem oberen Theile eine Oeffnung hat, um den Dampf einzulassen, und eine andere Oeffnung an seinem unteren Theile, um jenen Dampf in einen anderen Cylinder, welcher der Condensator heißt, gehen zu lassen. Dieser Condensator steht nach unten mit einer Luftpumpe in Verbindung und beide sind in ein Behältniß voll kalten Wassers gesenkt, von dem ein Strahl in den Condensator springen kann. In dem Cylinder bewegt sich ein Kolben, dessen Stange durch eine auf dem oberen Theile des Cylinders angebrachte Stopfbüchse geht. Gesetzt dieser Kolben sei mit einem Ventile versehen, welches sich öffnet, wenn er bei seinem Gange unten ankommt, und erlaube so dem Dampfe, welcher sich oben befindet, einen Durchgang nach unten, — man halte nun den Strahl des kalten Wassers an, man erfülle den Cylinder und den Condensator mit Dampf aus dem Kessel, so wird das am anderen Ende des Balanciers angebrachte Gegengewicht den Kolben nach der Höhe des Cylinders heben. Stellt man die Verbindung zwischen dem Kessel und Cylinder wieder her, und läßt einen Strahl kalten Wassers in den Condensator dringen, so wird aller Dampf, welcher sich in dem letzteren und in dem Cylinder unter dem Kolben befindet, in Wasser verwandelt werden; und wenn der Druck des Dampfes oberhalb der nämliche wie im Kessel ist, während unterhalb dieser Druck sehr schwach ist, wird der Kolben durch sehr ungleiche Kräfte gedrückt, und er ist im Stande ein dem Unterschiede beider Kräfte gleichkommendes Gewicht zu heben, welches sich am anderen Ende des Balanciers befindet. — Wenn der Kolben gegen den Grund des Cylinders ankommt, so schließt sich die Verbindung mit dem Condensator, und das Ventil des Kolbens öffnet sich; der Dampf, welcher sich oberhalb befindet, geht nach unten, während der Kolben durch das Gegengewicht sich hebt; so wie er oben angekommen ist, schließt sich das Ventil, das des Condensators öffnet sich, und das Spiel erneut sich wie vorher. — Da man aber bei jedem Kolbenspiele eine ganz bedeutende Menge Wasser anwendet, und dieses Wasser viel Luft enthält, so wird der Condensator bald von Luft und Wasser erfüllt sein; um dem entgegenzukommen, verbindet man den Condensator mit einer Luftpumpe, deren Kolben, durch den Balancier in Bewegung gesetzt, dieselbe Anzahl von Spielen wie der Kolben im großen Cylinder macht, und das Wasser und die Luft, welche sich im Condensator finden, fortschafft.

Die atmosphärische Dampfmaschine mit Condensator unterscheidet sich von der eben besprochenen, daß der Dampf durch am unteren Theile des Cylinders angebrachte Oeffnungen ein- und austritt, und daß der Kolben durch den Druck der Atmosphäre, welche auf seine

Digitized by Google

obere Fläche wirkt (oder auf die, welche der Luft ausgesetzt ist), herabsinkt. Vor Watt geschah die Condensation im Cylinder selbst (wie bei der S. 483. ff. beschriebenen Maschine von Newcomen), wodurch derselbe jedesmal abgekühlt, und dann erst wieder erwärmt werden mußte, welches einen bedeutenden Aufwand von Dampf und kaltem Wasser zur Folge hatte. Watt's wichtige Erfindungen sind die Hinzufügung eines besondern Condensators und die Maschine von doppelter Wirkung. Diese letztere gleicht in ihrer wesentlichen Anordnung der oben beschriebenen Maschine von einfacher Wirkung, sie unterscheidet sich dadurch, daß sowohl der Kessel als der Condensator mit dem oberen und den unteren Theile des Cylinders in Verbindung stehen. Durch diese Einrichtung wird das Gegengewicht überflüssig, und man hat nicht nöthig den Dampf aus dem Theile des Cylinders über dem Kolben unter diesen gelangen zu lassen, der Kolben macht seine beiden Bewegungen allein durch den Druck des Dampfes, der abwechselnd von unten und von oben auf ihn wirkt. Im Vergleich mit einer Maschine von einfacher Wirkung, welche dieselbe Größe hat, verzehrt die Maschine von doppelter Wirkung noch einmal so viel Dampf und bringt eine noch einmal so große Wirkung in der nämlichen Zeit hervor.

Bei der Maschine mit einfacher Wirkung sowohl, als bei der mit doppelter Wirkung kann der Dampf durch Expansion wirken. Aber man kann die Kraft gleichförmiger machen, wenn man sich zweier Cylinder von verschiedener Größe bedient, ähnlich wie bei der S. 493. beschriebenen Maschine ohne Condensator. Hornblower ist der Erfinder dieser Art von Maschinen.

Tredgold gibt folgende Uebersicht der Dampfmaschinen mit Condensator:

I. Durch Condensation	1. Atmosphärischer Druck. .		Newcomen, 1705.
	2. Directer Druck des Dampfes	mit einf. Wirk.	Watt, 1769.
		mit dopp. Wirk.	Watt, 1782.
II. Durch Condensation und Expansion	1. Atmosphärischer Druck.		
	2. Directer Druck des Dampfes	mit einf. Wirk.	Watt, 1782.
		mit dopp. Wirk.	Watt, 1782.
		mit 2 Cyl.	Hornblower, 1781.
III. Durch Production und Condensation.			
IV. Durch Production, Expansion und Condensation.	mit einf. Wirkung		Mechaniker von Cornwallis nach dem System v. Watt. Woolf, 1804.
	mit dopp. Wirkung		Mechaniker von Cornwallis nach dem System v. Watt. Woolf, 1804.

Die atmosphärische Maschine, bei der die Condensation im Cylinder vorgenommen wird, ist die S. 483. beschriebene von Newcomen, und es sind an derselben nur unwesentliche Verbesserungen vorgenommen worden, so daß z. B. der Dampfkessel nicht wie in Fig. 193. unterhalb des Cylinders angebracht ist, sondern seitwärts, wo der Dampf

Digitized by Google

durch eine Röhre in den unteren Theil des Cylinders geleitet wird, die mittelst eines Ventils oder eines Hahnes geschlossen werden kann.

Fig. 202. stellt eine atmosphärische Dampfmaschine mit besonderem Condensator vor. C ist der Cylinder, P der Kolben desselben. Der Dampf kommt durch die Röhre S aus dem Kessel und tritt in den Cylinder durch den Kanal D, der Steuerungskolben bei B schließt und öffnet bei seiner Bewegung hinauf und herunter die Dampfwege. A ist die Luftpumpe mit dem soliden Kolben p, und dient dazu den condensirten Dampf, Luft und Wasser aufzunehmen und auszutreiben. Die Injection (Einspritzung) geschieht bei E durch den Hahn I. F ist ein Hahn um die Luft zu entlassen, welche sich unter dem Kolben P sammeln kann, wann die Maschine in Ruhe ist. Zu Anfang der Operation muß der Kolben B über S gehoben werden, und man läßt so lange Dampf einströmen, bis alle Luft durch das Ventil Q ausgetrieben ist. Indem die Kolben des Cylinders und der Luftpumpe sich oben befinden, nimmt nun der Steuerungskolben B die in der Figur aufgefaßte Stellung ein, wodurch der Dampf am weiteren Eintritt in den Cylinder gehindert wird, zugleich wird der Injectionshahn I geöffnet; der Dampf wird condensirt, und die beiden Kolben steigen abwärts. Während dieser ersten Bewegung, muß der Hahn F geöffnet sein, in der Folge aber muß er verschlossen bleiben. Nachdem die Injection aufgehalten worden, und der Kolben B herabgestiegen ist, um den Kanal des Condensators zu verschließen, ist zugleich die Verbindung des Kessels mit dem Cylinder wieder hergestellt, die Kolben erheben sich wieder und die Luft und das Wasser von der Condensation werden durch die Klappe Q (während die Klappe G sich schließt) ausgetrieben. Die Bewegung setzt sich durch wechselndes Oeffnen und Schließen mittelst des Steuerungskolbens und des Injectionshahnes fort. Aus dem Warmwasserbehälter Q wird etwas Wasser in den Cylinder gepumpt, damit der Kolben damit bedeckt sei, um die Entweichung des Dampfes zu verhindern. Der ringförmige Behälter mn am oberen Theile des Cylinders dient zur Aufnahme der überflüssigen Menge dieses Wassers, damit es nicht überfließe und (beim Verdampfen) den Cylinder von Außen erkälte. Diese Maschine ist besonders zur Hebung bedeutender Quantitäten Wassers, z. B. aus Bergwerken zu empfehlen, wenn der Cylinder über 2 Fuß Durchmesser hat, sie zeichnet sich aus durch die Einfachheit der Construction, läßt sich aber nicht in einen kleinen Raum zusammendrängen.

Eine Maschine mit directem Drucke des Dampfes von einfacher Wirkung nach Watt's Erfindung, von deren Hauptbestandtheilen schon S. 494. gesprochen worden, stellt Fig. 203. im Durchschnitte dar. C ist der Cylinder, B der Condensator, A die Luftpumpe. Der Dampf kommt durch die Röhre S und die Klappe c aus dem Dampfkessel in den Cylinder und drückt auf den Kolben P, der im Augenblicke des Herabsteigens angenommen ist; der Dampf unter dem Kolben begiebt sich in den Condensator B, wo er durch den einspringenden Wasserstrahl condensirt wird. Der Kolben p der Luftpumpe A steigt in das Gemisch von Wasser und Luft, welches die Pumpe wäh-

Digitized by Google

rend des vorhergehenden Aufsteigens des Kolbens aus dem Condensator erhalten hat. Wenn der Kolben am Grunde des Cylinders ankommt, bewegt sich die Stange O, schließt die Klappen a und c, und öffnet die Klappe b; dann setzt die Röhre E den oberen und unteren Theil des Cylinders in Verbindung. Auf diese Weise ist das Gegengewicht am Balancier hinreichend, die Reibung und das Gewicht des Kolbens P zu überwinden, und den Dampf von oberhalb des Kolbens unter denselben (indem der Kolben in die Höhe gezogen wird) zu drängen; das Gegengewicht muß auch mittelst der Luftpumpe die Luft und das Wasser durch das Ventil Q treiben. Die Steuerungsstange ist mit einem Gegengewicht balancirt, damit beim Einströmen des Dampfes die Klappe b fest anliege. Die Mündung m des Injectionsrohrs ist mit einem Seiher versehen, damit das Wasser beim Einspritzen eine große Fläche darbiete und schnell condensire. N ist der Eintritt der Röhre, durch welche die Cisterne des Condensators mit kaltem Wasser gefüllt wird; H ist ein Klappenventil, durch welches zu Anfang der Operation mittelst des frei einströmenden Dampfes und bei geschlossenem Injectionshahne die Luft aus dem Apparate geblasen wird, ähnlich wie bei der S. 496. beschriebenen atmosphärischen Maschine. Die Anwendung dieser Art von Maschinen ist ebenfalls begrenzt auf die Hebung des Wassers und zu ähnlichen Arbeiten, bei denen es nicht auf Unterbrechung der Wirkung bei der Rückkehr des Kolbens ankommt. Man kann bei derartigen Maschinen den Dampf auch durch Expansion wirken lassen.

Die Maschine von doppelter Wirkung mit Condensation und ohne Expansion nach Watt stellt Fig. 204. vor. Sie vereinigt die Einrichtung der Hochdruckmaschinen mit der der Condensationsmaschinen von einfacher Wirkung, nur daß hier auch der obere Theil des Cylinders mit dem Condensator in Verbindung steht. C ist der Cylinder; der Dampf kommt bei S aus dem Kessel und geht in den oberen Theil des Cylinders durch den Kanal F, oder nach dem unteren Theil desselben durch den Kanal D. Fig. 204. zeigt den Kolben, wie er im Herabsteigen, Fig. 205, wie er im Hinaufsteigen begriffen ist. Der Dampf geht durch die Oeffnung D des unteren Theiles des Cylinders (Fig. 204.) und begibt sich in den Condensator B, wo er durch einen Strahl kalten Wassers, der ohne Unterbrechung springt, condensirt wird; Luft und Wasser fließen während der Condensation durch die Klappe G ab, und gehen beim Herabkommen des Kolbens der Luftpumpe durch dessen Ventile p von unterhalb nach oberhalb desselben; beim Emporsteigen des Kolbens werden beide (Wasser und Luft) gehoben und durch das Ventil Q getrieben in das Warmwasserbehältniß K. Wenn der Kolben P steigt, so geht der über ihm befindliche Dampf durch den Kanal F (Fig. 205.) und begibt sich durch die Röhre E nach dem Condensator. Die Oeffnungen für den Dampf D und F sind offen, und bedeckt mit einem D-Schieber, so genannt wegen der Aehnlichkeit des Durchschnittes desselben mit einem D (vergl. S. 490. Anm.); er wird durch die Stange O in Bewegung gesetzt, an die er befestigt ist. Bei kleineren Maschinen kann man sich statt des Schiebers auch der Hähne bedienen, bei größeren auch der Ventile, ähnlich wie

Digitized by Google

bei den S. 490. ff. beschriebenen Hochdruckmaschinen. — Diese Maschine ist bei allen denen Arbeiten anwendbar, wo die Maschine ihren Standpunkt nicht zu verändern braucht, nur dann findet sie keine Anwendung, wenn die Herbeischaffung des Wassers schwierig ist. In der neuern Zeit hat man sich ihrer auch zu Dampfschiffen bedient. — Wenn die Maschine auch durch Expansion wirkt, so braucht man weniger Feuerungsmaterial, ein Ersparniß, auf das man bei jeder Anwendung der Kraft des Dampfes bedeutend Rücksicht nehmen muß. Um die Expansion des Dampfes zu benutzen, muß man sich einer ähnlichen Einrichtung, wie bei der S. 491. f. beschriebenen Maschine bedienen, es muß nämlich, wenn der Kolben einen Theil seines Weges durch den directen Druck des Dampfes vollendet hat, das weitere Einströmen von Dampf verhindert werden, so daß der Kolben den noch übrigen Theil seines Weges durch den sich expandirenden Dampf zurücklegt. Man muß also das Schiebventil während eines Kolbenhubes zwei Bewegungen machen lassen, so daß dasselbe drei verschiedene Stellungen hat, welche Fig. 204. 205. und 206. darstellen. Fig. 204. ist die Stellung, welche der Schieber E bei Anfang des Herabsteigens des Kolbens P hat; Fig. 206. zeigt die Stellung des Schiebers, nachdem der Kolben den gehörigen Theil des Weges vollendet hat, der Kanal bei F ist geschlossen, so daß kein Dampf weiter zutreten kann, aber der Ausgang D für den Dampf unter dem Kolben nach dem Condensator ist noch geöffnet, der Schieber behält diese Stellung bis der Kolben durch Expansion des Dampfes bis auf den Boden des Cylinders herabgedrückt ist; dann nimmt der Schieber die Stellung an, in der ihn Fig. 205. darstellt, der Kolben bewegt sich nach oben, erst durch directen Dampf, dann, indem die Oeffnung D durch den Schieber geschlossen wird, F aber offen bleibt, durch die Expansion des Dampfes, u. s. f.

In der Maschine von Hornblower mit zwei Cylindern wirkt der Dampf in der einen mit constantem Drucke, im anderen durch Expansion. Als Maschine von einfacher Wirkung steht sie der Wattschen Maschine nach in allen Beziehungen, nur daß die bewegende Kraft gleichmäßiger ist; es kommt bei ihr die Reibung des kleinen Kolbens zum Verluste an Kraft hinzu; und es ist eine auffallende Thatsache, daß eine Maschine von einfacher Wirkung von dieser Art complicirter als eine Maschine von doppelter Wirkung ist. Die Maschine ist wegen ihrer gerügten Mängel außer Gebrauch gekommen und daher eine nähere Beschreibung derselben überflüssig.

Eine Hornblowersche Maschine von doppelter Wirkung zeigt Fig. 207. D ist der große, C der kleine Cylinder, bei S tritt der Dampf aus dem Kessel in die Leitungen, der Dampf dringt in den kleinen Cylinder bei a, wenn der Kolben herabgeht, und der Dampf unter dem Kolben geht durch den Kanal b, die Leitung c und den Kanal d nach dem Cylinder D über den Kolben desselben, den er durch Expansion herabdrückt; zugleich aber geht der unter diesem Kolben befindliche Dampf durch den Kanal e in den Condensator A. Wenn die Kolben das untere Ende der Cylinder erreicht haben, so bewegt sich der Schieber abwärts, so daß die Kolben K und k nun unterhalb der Ka-

Digitized by Google

näle d und e zu stehen kommen; nun tritt der Dampf durch den Kanal b unter den Kolben des Cylinders C; der Dampf über diesem Kolben geht durch den Kanal a, die Röhre c und den Kanal e in den Cylinder D, drückt den Kolben in ihm durch Expansion aufwärts, und der Dampf über diesem Kolben geht durch den Kanal d, und tritt in einer Oeffnung bei f in eine Röhre, welche in den Condensator führt. Die Steuerung ist also so eingerichtet, daß dieselbe durch ein einfaches Auf- und Niedergehen der Steuerungsstange op bewirkt wird. Auch diese Dampfmaschine hat übrigens in Bezug auf ihre Leistungen im Verhältniß zum nöthigen Aufwande keine Vorzüge vor der Wattschen Maschine mit Einem Cylinder, welche S. 497. beschrieben worden ist.

Die Anwendung des Wasserdampfes zum Beweger von Maschinen beruht auf der Elasticität des Dampfes, und diese ist in Bezug auf die verschiedenen Temperaturen untersucht und bestimmt worden; s. d. Art. Dampf S. 432 ff. Im Allgemeinen sind die Untersuchungen so angestellt worden, daß die Frage beantwortet wurde: eine wie lange Quecksilbersäule kann von Dampf von einer gewissen Temperatur getragen werden? Bei der praktischen Anwendung des Dampfes zum Beweger von Maschinen, stellt sich diese Frage etwas anders, nämlich: Wie viel Pfunde können von einem gewissen Gewichte Dampf von einer bestimmten Temperatur um eine gewisse Höhe gehoben werden? und um die Untersuchung einfacher zu machen, fragt man: Wie viel Pfunde können von Einem Pfunde Dampf von der Temperatur t auf Einen Fuß gehoben werden? Wir wollen annehmen, wir hätten einen Cylinder, dessen Grundfläche gerade 1 Quadr. Fuß betrüge, in dem Cylinder ruhe ein dampfdichtschließender Kolben, unter diesen trete 1 Pfund Dampf von der Temperatur t, und nimmt in demselben einen bestimmten ihm nach seiner Temperatur zukommenden Raum ein (wobei er sich im Maximum der Dichte befindet), und trägt zugleich den, mit einem bestimmten Gewicht belasteten Kolben; ein größeres Gewicht würde ihn nach S. 467. condensiren.

Wir kennen aus Tab. S. 447 ff. (die 6te Columne) die Anzahl der Kubikfuße Dampf, die bei einer bestimmten Temperatur aus Einem Pfunde Wasser gebildet werden, wir wissen ferner (aus der 5ten Columne derselben Tabelle) wie viele Wiener Pfunde auf den Quadratzoll vermöge seiner Elasticität der Dampf von einer bestimmten Temperatur zu tragen im Stande ist, also auch wie viele auf den Quadratfuß, nämlich 144 mal so viele (weil 1 Qu. F. = 144 Qu. Z.). Nennen wir die für die Temperatur t, in der 5ten Columne der Tafel S. 447 ff. stehende Zahl p, so trägt der Dampf von der Temperatur t, 144 p Pfunde. Dieses Gewicht wird 1 Pfund Dampf in unserem Cylinder um eine Höhe = k heben, wenn k die zur Temperatur t gehörige Zahl in der sechsten Columne der Taf. S. 447 ff. bezeichnet; denn diese Columne gibt die Anzahl der Kubikfuße Dampf aus Einem Pfunde Wasser an, im Cylinder bildet dieser Dampf einen zweiten Cylinder, dessen Inhalt = k Kubikfuße ist, und da der Inhalt jedes Cylinders = Grundfläche multiplicirt mit der Höhe ist, die Grundfläche aber = 1 Quadratfuß angenommen worden, so ist k = 1 multiplicirt mit der

Digitized by Google

Höhe, oder die Höhe = k, wo k nicht mehr Kubikfuße, sondern Längenfuße bedeutet. Durch 1 Pfund Dampf von der Temperatur t wird also das Gewicht 144 p um k Fuß in einem Cylinder gehoben, dessen Grundfläche ein Quadratfuß ist. Daraus folgt, daß k mal 144 p durch Ein Pfund Dampf von der Temp. t um 1 Fuß gehoben werden. Um nun ein Beispiel zu haben, nehmen wir t = 80° R, so ist k = 30,129, p = 12,732, folglich jenes Gewicht = 30,129. 144. 12,732 = 55237 Pfund. Dieses heißt die mechanische Wirkung des Dampfes, welche keineswegs bei verschiedenen Temperaturen dieselbe bleibt. Um dieß anschaulich zu machen, stellt (nach der Arzbergerschen Tafel S. 447.) Prechtl folgende Tafel auf, deren Berechnung aus dem vorhergehenden klar ist.

Temperatur des Dampfes.	Druck in Atmosph.	Druck auf 1 Qu. Z. in Pfunden = p.	Kubikf. Dampf in 1 Pfund = k.	Mechanische Wirkung von 1 Pfund Dampf in Pfunden auf 1 F. gehoben = w.
65° ⅛ R.	½	6,366	57,219	52452
75° ½	¾	9,549	39,480	54286
80°	1	12,732	30,129	55237
97° ½	2	25,464	15,938	58450
108° ½	3	38,196	11,013	60570
116° ½	4	50,928	8,469	62107
123°,7	5	63,660	6,932	63240
148°	10	127,32	3,712	68054
164°,3	15	190,98	2,587	71143
176°,8	20	254,64	2,006	73555

Im Art. Dampf S. 429. ist gesagt worden, daß die gesammte Wärme, welche der Dampf enthalte, stets eine bestimmte Größe sei, nämlich 650° C; hieraus ergibt sich denn, daß allerdings eine größere mechanische Wirkung mit der nämlichen Quantität Brennstoff hervorgebracht werden kann, wenn man sich des Dampfes von höherer Elasticität bedient, als wenn man Dampf von geringerer Spannkraft anwendet; die Tafel zeigt zugleich in welchem Verhältniß diese Ersparniß an Brennmaterial zunimmt.

In der vorhergehenden Betrachtung ist der Dampf als wirkend im Maximum seiner Dichte (vergl. Art. Dampf S. 427.) angenommen worden, derselbe kann jedoch auch noch wie jede andere expansible Flüssigkeit durch Expansion wirken. So wie das Gewicht, welches auf dem Dampfe lastet, abnimmt, dehnt er sich mehr und mehr aus, dabei nimmt aber seine Temperatur sowohl als seine Elasticität ab. Nehmen wir z. B. an, der Raum oberhalb des Cylinders sei luftleer (wie bei den Condensationsmaschinen, die S. 497. beschrieben, wenigstens annäherungsweise der Fall ist) so dehnt sich eine Quantität Dampf, welche,

Digitized by Google

blieb sie im Zustande größter Dichte, nur etwa $\frac{1}{3}$ des Cylinders erfüllen würde, so aus, daß sie bald den ganzen Cylinder erfüllt, und dabei den Kolben in die Höhe hebt. Hierbei sinkt die Temperatur, wenn nicht dem Dampfe fortwährend neue Wärme aus dem Cylinder zugeführt wird, welches bei der Anwendung aber meist der Fall zu sein pflegt. Dieser so ausgedehnte Dampf ist aber nicht mehr im Stande dasselbe Gewicht zu tragen, welches derselbe Dampf vorher, als er noch im Zustande größter Dichte war, trug, vielmehr verhält sich das Gewicht, welches er nach dieser Expansion noch zu tragen vermag, gegen das, welches er vor der Expansion trug, wie das Volumen, welches er vor der Expansion einnahm, zu dem Volumen, welches er nach der Expansion einnimmt. (Mariottisches Gesetz, vergl. den Art. Dampf S. 466. und 477.)

Wenn man die in der obigen Tafel für 1 Pfund Dampf berechneten Wirkungen bei der ganzen Füllung des Cylinders mit w bezeichnet, diejenige Wirkung, welche durch die Ausdehnung des Dampfes hervorgebracht wird = w′, und wenn n die Zahl ist, welche anzeigt, um wie viel mal sich der Dampf ausgedehnt hat, nämlich der Raum, den der Dampf nach der Ausdehnung einnimmt, dividirt durch den Raum des Dampfes bei der Absperrung, wo also $\frac{1}{n}$ den Theil des Cylinders bezeichnet, welcher bei der Absperrung mit Dampf gefüllt ist; so ist (nach Prechtl)

$$w' = w \cdot 2.3 \log n$$

(für die gewöhnlichen oder briggischen Logarithmen). Bei Bestimmung dieser Wirkung w′ ist darauf gerechnet worden, daß der in dem Cylinder enthaltene Dampf bei seiner Ausdehnung nicht Verlust an Wärme erleide, sondern von Außen auf der anfänglichen Temperatur erhalten werde; denn durch diese hinzukommende Wärme, wird der Dampf, (wie alle Körper von der Wärme) ebenfalls ausgedehnt. Kommt dagegen keine neue Wärme zu dem sich expandirenden Dampfe, nimmt also die Temperatur desselben fortwährend ab; so ist die Wirkung des Dampfes (w″) auch eine andere als jene (w′); und Prechtl gibt für dieselbe folgende Formel:

$$w'' = 11\, w \left\{1 - \left(\frac{1}{n}\right)^{\frac{1}{11}}\right\}$$

Nach dieser Formel so wie nach der, welche den Werth von w′ ausdrückt, hat Prechtl folgende Tafel berechnet, welche die mechanischen Wirkungen von Ein Pfund Dampf für die Atmosphären von 1 bis 5 durch die Expansion für die Absperrung des Dampfes von $\frac{1}{2}$ bis zu $\frac{1}{5}$ hervorgebracht, enthält. Die Bedeutung der Buchstaben n, w′, w″ ist die oben angegebene.

Druck des Dampfes in Atmosphären.	Mechanische Wirkung von 1 Pfund Dampf durch die Expansion für							
	n = 2		n = 3		n = 4		n = 5	
	w′	w″	w′	w″	w′	w″	w′	w″
1 Atmosph.	38287	37106	60685	57753	76575	71947	88900	82701
2 "	40515	39266	64215	61114	81030	76133	94074	87514
3 "	41984	40690	66543	63330	83968	78893	97484	90686
4 "	43050	41722	68230	64936	86100	80895	99957	92987
5 "	43835	42483	69476	66120	87671	82370	101780	94684

Wenn man zu diesen Zahlen die entsprechenden Werthe in der Tafel auf S. 500, welche die Werthe von w bei 1 bis 5 Atmosphären enthält, hinzuaddirt, so erhält man die gesammte mechanische Wirkung von Ein Pfund Wasserdampf. Nennen wir diese W, so ist nämlich $W = w + w''$ die Wirkung, wenn bei der Expansion die Wärme abnimmt, und $W = w + w'$, wenn die Temperatur auf dem anfänglichen Grade erhalten wird.

Es kann im Allgemeinen gefragt werden, ob mehr Brennstoff erfordert werde, um durch Wärmezuleitung von außen den Dampf so zu expandiren, daß ihm die Wirkung w′ zukommt, oder, um eine gleiche Wirkung hervorbringende neue Menge Dampf zu erzeugen? Die Rechnung entscheidet zu Gunsten des Letzteren, indem sich zeigt, daß durch die Erhaltung des Dampfes in gleichförmiger Temperatur mehr Wärme verzehrt wird, als durch eine eben so viel wirkende neue Menge Dampf bei seiner Erzeugung. Dagegen zeigt es sich als vortheilhaft, eine äußere Erwärmung des Dampfes anzubringen, wozu man sich des vom Feuerherde kommenden Rauches bedienen kann. Je mehr die Temperatur äußerlich die des Dampfes übertrifft, desto größer ist der Vortheil, und dieser ist im Verhältniß größer, wenn keine, als wenn Expansion stattfindet.

Diese mechanischen Wirkungen: w, wenn keine Expansion stattfindet, w′ wenn Expansion mit Wärmezuleitung, w″ wenn Expansion ohne Wärmezuleitung thätig ist, sind diejenigen Wirkungen, welche der Dampf bei einer Maschine hervorbringen würde, bei der durch (in der Ausführung unvermeidliche) Mängel gar keine Kraft verloren ginge. Diese Verluste an Kraft müssen von den oben angegebenen mechanischen Wirkungen abgezogen werden, wenn man berechnen will, welches die brauchbare, also nicht von den Maschinen selbst verbrauchte, Wirkung des Dampfes durch dieselbe sei. Kraftverluste, die auch bei der besten Dampfmaschine stattfinden, sind:

1) Die Kraft, welche verbraucht wird, damit der Dampf mit einer gewissen Geschwindigkeit (die mit V bezeichnet werden soll, und welche die nämliche ist, mit der sich der Kolben bewegt) in den Cylinder tritt. Diese Kraft ist für die Wirkung des Dampfes selbst verloren, und wird dadurch noch bedeutender, daß der Dampf durch eine Oeffnung in den

Digitized by Google

Cylinder strömen muß, deren Durchmesser bedeutend kleiner als der Durchmesser des Cylinders ist. Wenn A der Querschnitt des Cylinders, a der der Oeffnung ist, so gibt die Formel

$$0{,}0255 \frac{A^2 V^2}{a^2}$$

die Größe des auf diese Weise erlittenen Dampfverlustes an. Gesetzt, es verhalte sich $A : a = 100 : 1$, und V, die Geschwindigkeit des Kolbens, sei 3 Fuß in der Minute, so ist der Verlust an Kraft

$$= 0{,}0255 \cdot 9 \cdot 10000 = 2295$$

Pfund auf Ein Fuß gehoben. Dieser Verlust wird desto größer, je kleiner im Verhältniß zur Grundfläche des Cylinders die Oeffnung, durch welche er einströmt, wird (der Verlust wächst in dem Verhältnisse, in welchem das Quadrat des Querschnittes abnimmt,), zugleich je größer die Anzahl der verengerten Oeffnungen wird, welche der Dampf passiren muß, um in den Cylinder zu gelangen.

Gewöhnlich gibt man der Zuleitungsröhre und Oeffnung, durch welche der Dampf in den Cylinder strömt, einen Durchmesser, welcher der fünfte Theil des Durchmessers des Cylinders ist. Es gilt ferner die Regel: Der Querschnitt des Cylinders werde mit der Geschwindigkeit des Kolbens (in Einer Minute in Fußen) multiplicirt, und dieses Produkt mit 4800 dividirt, so bekommt man den Querschnitt der Oeffnung, durch welche der Dampf in den Cylinder tritt. — Man erleidet ferner einen Verlust an Kraft

2) durch den Gegendruck des auf der entgegengesetzten Seite des Kolbens befindlichen Dampfes. Während der Dampf auf der einen Seite des Kolbens wirkt*), wird zwar der Dampf auf der andern Seite des Kolbens condensirt, allein diese Condensation findet nur bis zu derjenigen Temperatur statt, auf welcher sich das Condensationswasser befindet; es bleibt immer Dampf von der Elasticität zurück, welche demjenigen Temperaturgrade entspricht, welchen das Condensationswasser hat. Dieser Dampf wirkt in derselben Art auf den Kolben, wie der stärkere Dampf, aber im entgegengesetzten Sinne, wird aber von diesem bewältigt, und man muß daher von der mechanischen Wirkung des stärkeren Dampfes die mechanische Wirkung des schwächeren ihm entgegenwirkenden Dampfes abziehen. Um diesem Kraftverlust zu bestimmen, bedient man sich wieder der Tafel S. 447. t sei die Temperatur des Condensationswassers, p' der dieser Temperatur zukommende Druck auf 1 Quadratzoll, k die Zahl in der 6ten Columne, welche zu der Temperatur gehört, die der Dampf vor der Condensation hatte**); so ist der Verlust an Kraft $= 144 . k p'$ (vergl.

*) Es ist natürlich hier nur von solchen Maschinen die Rede, bei denen Condensation stattfindet, und der Dampf auf beiden Seiten des Kolbens ist. Bei atmosphärischen Maschinen wirkt der unvollkommen condensirte Dampf dem Drucke der Atmosphäre entgegen.

**) Eine kurze Ueberlegung lehrt, daß durch die Condensation im Augenblick, wo sie eintritt, zwar die Dichte des Dampfes, aber nicht dessen Volumen geändert wird.

Digitized by Google

S. 500.). Bei einer guten Condensirung ist die Temperatur des Condensationswassers ungefähr $t = 36°$ R., die Tabelle (S. 447.) gibt dann $p' = 1{,}179$, und wenn der Dampf, welcher die Maschine in Bewegung setzt, eine Temperatur von 80° hat, so findet sich $k = 30{,}129$, also ist der Verlust an Kraft $= 5115{,}2$ W. Pfund auf ein Fuß gehoben. Je größer die Differenz des Dampfes vor der Condensation und des Dampfes nach der Condensation ist, desto geringer ist verhältnißmäßig dieser Kraftverlust, und es erscheint daher in dieser Rücksicht die Anwendung des Dampfes von hohem Drucke empfehlenswerth. Wenn der Dampf durch Expansion wirkt, und der Raum, welchen 1 Pfund Dampf einnimmt, bei dieser Wirkung n mal so groß ist, als der Raum, den 1 Pfund Dampf bei nicht stattfindender Expansion einnimmt; so ist der Verlust an Kraft $= 144\, p' n k$, wo p' und k die eben angegebene Bedeutung haben. Je größer n also, je größer die Ausdehnung des Dampfes ist, desto mehr wird die durch die Ausdehnung gewonnene Wirkung durch den Verlust aus der unvollkommenen Condensirung vermindert. — Ein Verlust an Kraft wird bewirkt

3) durch die Reibung des Kolbens an den Wänden des Cylinders. Die Einrichtung aller Dampfmaschinen mit Kolben (von denen wir bisher allein nur gesprochen) beruht auf der Annahme, daß der Kolben dampfdicht an die Wände des Cylinders schließe. Damit dieses der Fall sei, muß der Kolben wenigstens mit einer Kraft angedrückt werden, welche dem Drucke des Dampfes auf die eine Fläche desselben gleich ist. Prechtl berechnet die mechanische Wirkung dieser Reibung (indem er annimmt, daß der Kolben eine Hanfliederung, welches das gewöhnliche ist, habe, und setzt, daß die Reibung der Kolbenstange in der Stopfbüchse des Cylinderdeckels die ganze Reibung noch um $\frac{1}{10}$ vermehre), für 1 Pfund Dampf $= 0{,}061$ der Wirkung für die ganze Füllung $= 0{,}061\, w$; so also, daß z. B. für Dampf von 80° R., die Kolbenreibung 6700 Pfund auf 1 Fuß gehoben beträgt. Bei der Wirkung des Dampfes mit Expansion vermehrt sich für dasselbe Gewicht Dampf die Kolbenreibung, indem der Weg, durch welchen die Bewegung des Kolbens erfolgt, größer wird. Wenn die Ausdehnung n mal erfolgt, so wird die mechanische Wirkung der Reibung $= n\, 0{,}061\, w$.

Die hiernach berechnete Größe der Kolbenreibung gibt nur einen mittleren Näherungswerth für Dampfmaschinen von mittlerer Größe, die Kolbenreibung nimmt nämlich mit dem größeren Durchmesser des Kolbens ab.

Alle diese eben erwähnten Verluste an Kraft finden bei jeder Dampfmaschine mit Kolben unvermeidlich statt, und man kann den hieraus folgenden Gesammtverlust an mechanischer Wirkung auf wenigstens etwas mehr als ein Fünftel annehmen.

Es entstehen neue Verluste an Wirkung durch Umstände, die sich im Allgemeinen nicht vorher bestimmen lassen. So durch die Ausstrahlung von Wärme aus den Wänden des Cylinders und der Zuleitungsröhre, die man vermindern kann, wenn man diese Theile der Maschine mit schlechten Wärmeleitern umgibt; z. B. mit Sägespänen, die dann eine Lage von 10 bis 12 Zollen haben müssen. Ferner schließt der

Kolben nie absolut dampfdicht, und zwar wird der Schluß der Kolben durch den Gebrauch immer geringer, daher auch die hieraus entspringende Abnahme der Wirkung immer bedeutender. Dringt nämlich der Dampf zwischen dem Kolben und den Wänden des Cylinders durch, so wirkt er nun auf der andern Seite des Kolbens im entgegengesetzten Sinne, als der Dampf auf der entgegengesetzten Seite.

Will man (wie bei den S. 491. und S. 498.) beschriebenen Maschinen, den Dampf, nachdem er abgesperrt worden, durch Expansion wirken lassen, so wird, wenn der Dampf einen Durchgang durch oder neben dem Kolben findet, der durch die Expansion zu erhaltende Gewinn bedeutend verringert werden. Es wird nämlich der Dampf mehr an Elasticität abnehmen, als geschehen würde, wenn der Kolben vollkommen dampfdicht an die Wand des Cylinders schlösse.

Wir theilen in Bezug auf das vorhergehende eine von Arzberger berechnete Tafel mit, zu deren Erläuterung Prechtl die folgenden Bemerkungen vorausschickt.

Zu einer allgemeineren Uebersicht dieser Verhältnisse und der Umstände, durch welche die Größe der Expansion bedingt ist, so wie des mit Verminderung des Durchmessers der Cylinder zunehmenden Verlustes durch die Kolbenreibung und den Dampfdurchgang dient nachfolgende vom Prof. Arzberger berechnete Tafel, bei welcher der gegen den Kolben stattfindende Gegendruck (s. S. 503.) zu 0,20 jenes des Dampfes im Kessel, und die Geschwindigkeit des Kolbens im Mittel zu 3 Fuß angenommen ist. In dieser Tafel enthält die erste Columne die Werthe von n, oder die Größe der Ausdehnung; D ist der Durchmesser des Cylinders; F bezeichnet die Größe der durch die Reibung und den Gegendruck entstehenden Gegenwirkung für die vier angegebenen Dimensionen der Cylinder, wenn die Wirkung des Dampfes bei beständigem Drucke auf den Kolben, oder bei ganzer Füllung des Cylinders ohne Reibung und Gegenwirkung $= 1$ gesetzt wird.

A ist die Wirkung bei der n fachen Ausdehnung ohne Reibung und Gegendruck.

B ist die Wirkung bei derselben Ausdehnung, nach Abzug der durch die Reibung und den Gegendruck in demselben Cylinder entstehenden Gegenwirkung.

C ist diese Wirkung verglichen mit jener, welche in demselben Cylinder durch die Wirkung des Dampfes ohne Ausdehnung, nämlich für $n = 1$, erhalten würde, oder sie ist diejenige Wirkung, welche die den Cylinder ganz ausfüllende Dampfmenge bei der n fachen Ausdehnung leisten würde; es ist also $C = nB$.

Die Columnen 7 und 8 enthalten die Wirkungen für A, B und C, ohne Rücksicht auf die Reibung für die Ausdehnung sowohl mit als ohne Aenderung der Temperatur; die Columnen 3, 4, 5 und 6 enthalten die Wirkungen für die vier Cylinder, wenn die Ausdehnung mit Aenderung der Temperatur erfolgt. Z. B. für den 40zölligen Cylinder nimmt die Wirkung C nach der dreifachen Ausdehnung wieder ab, kann also bei dem Werthe von $F = 0{,}245$ diese Ausdehnung nicht überschreiten, bei derselben verhält sich dann die Wirkung zu jener ohne

Digitized by Google

Ausdehnung wie 1,230 : 0,755 bei derſelben Dampfmenge; die effektive Wirkung des Cylinders verhält ſich zu jener bei der ganzen Füllung wie 410 : 755. Für den Cylinder von 10 Zoll Durchmeſſer iſt ſchon bei der zweifachen Ausdehnung die Wirkung am größten, welche dann zu jener derſelben Dampfmenge bei ganzer Füllung ſich verhält, wie 79,8 : 62; die effektive Wirkung des Cylinders bei dieſer Abſperrung verhält ſich zu jener bei ganzer Füllung wie 0,399 : 0,62.

Zieht man von den Werthen von F 0,200 ab, ſo geben ſie das Verhältniß der Kolbenreibung für die verſchiedenen Durchmeſſer der Cylinder, alſo wenn die Kolbenreibung in dem 40zölligen Cylinder = 0,045 angenommen wird, ſo iſt ſie bei dem 20zölligen Cylinder = 0,090, bei dem 10zölligen = 0,180 und bei dem 5zölligen = 0,360 der ganzen Wirkung, oder es iſt allgemein, wenn d den Durchmeſſer des Kolbens in Zollen bezeichnet, dieſe Reibung = $\frac{1,8}{d}$.

Die Werthe von A in der ſiebenten Columne drücken die Wirkung des Dampfes bei der n fachen Ausdehnung mit Aenderung der Temperatur ohne Verluſt durch Reibung und Gegendruck aus, daher der Unterſchied zwiſchen dieſen Werthen und den gleichnamigen für die einzelnen Cylinder den oben (S. 505.) bemerkten Verluſt angibt, welcher von dem Durchgange des Dampfes durch den Kolben während der Ausdehnung entſteht, und welcher mit der Größe der Ausdehnung und der Verminderung des Durchmeſſers des Cylinders zunimmt.

Digitized by Google

Wirkung des Dampfes in Cylindern von verschiedenen Durchmessern.

		Mit Rücksicht auf Reibung und Gegendruck bei Aenderung der Temperatur.				Mit Gegendruck ohne Reibung.	
n	D	5″	10″	20″	40″	Mit Aenderung der Temperatur.	Ohne Aenderung der Temperatur.
n	F	0,560	0,380	0,290	0,245	0,200	0,200
1	A	1,	1,	1,	1,	1,	1,
	B	0,440	0,620	0,710	0,755	0,800	0,800
	C	0,440	0,62	0,71	0,755	0,800	0,800
1, 2	A	0,970	0,977	0,980	0,981	0,983	0,985
	B	0,410	0,597	0,690	0,736	0,783	0,785
	C	0,492	0,716	0,828	0,883	0,940	0,942
1, 4	A	0,912	0,928	0,941	0,945	0,951	0,955
	B	0,352	0,548	0,651	0,700	0,751	0,755
	C	0,493	0,767	0,911	0,980	1,051	1,057
1, 6	A	0,830	0,878	0,895	0,902	0,912	0,919
	B	0,272	0,498	0,605	0,657	0,712	0,719
	C	0,435	0,797	0,968	1,051	1,139	1,151
2	A	0,735	0,779	0,805	0,820	0,835	0,847
	B	0,175	0,399	0,515	0,575	0,635	0,647
	C	0,350	0,798	1,030	1,150	1,270	1,294
2, 5	A	0,625	0,676	0,712	0,729	0,752	0,767
	B	0,065	0,296	0,422	0,484	0,552	0,767
	C	0,162	0,740	1,055	1,210	1,380	1,417
3	A	0,535	0,595	0,634	0,655	0,680	0,696
	B		0,215	0,344	0,410	0,480	0,496
	C		0,645	1,032	1,230	1,440	1,488
4	A		0,478	0,520	0,545	0,574	0,597
	B		0,098	0,230	0,300	0,374	0,397
	C		0,392	0,920	0,200	1,496	1,588
5	A		0,400	0,444	0,467	0,497	0,522
	B		0,020	0,150	0,222	0,297	0,322
	C		0,100	0,750	1,110	1,485	1,610
1	2	3	4	5	6	7	8

Digitized by Google

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen werden sich nun die Wirkungen der einzelnen Dampfmaschinen bestimmen und berechnen lassen. In Bezug auf die oben meist nach Tredgold beschriebenen Maschinen, will ich nun diejenigen Regeln, welche derselbe in Bezug auf die Verhältnisse der einzelnen Theile jener Maschinen gibt, und die Berechnung ihrer Wirkungen*) mittheilen.

Bei der S. 490. beschriebenen und in Fig. 195. dargestellten Dampfmaschine ohne Condensation (Hochdruckmaschine), läßt sich die mechanische Wirkung leicht berechnen, wenn man weiß, wie groß der Ueberschuß der Elasticität des Dampfes im Kessel über den Druck der Atmosphäre ist, so wie den Durchmesser des Cylinders und die Geschwindigkeit des Kolbens. Der auf den Kolben ausgeübte Druck ist geringer, als die Kraft des Dampfes im Kessel, um die Verluste an Kraft, und diese sind, wenn jene Kraft = 1 angenommen wird, folgende:

1) aufgewendete Kraft beim Eintritte des Dampfes in den Cylinder	0,007
2) Verlust durch Abkühlung im Cylinder und den Röhren	0,016
3) durch Kolbenreibung und Entweichung	0,200
4) aufgewendete Kraft, um den Dampf in die Atmosphäre zu vertreiben**)	0,007
5) Verlust durch die zu Oeffnung der Ventile erforderliche Kraft und durch die Reibung der Theile der Maschine	0,062
2) Verlust in Folge der Abschließung vor dem Ende des Kolbenhubes***).	0,100

Es ist folglich der gesammte Verlust an Kraft = 0,392; wofür 0,4 gesetzt werden kann. Der Druck auf den Kolben der Maschine ist also 0,6 des Ueberschusses der Spannkraft des Dampfes im Kessel über den Druck der Atmosphäre. Gesetzt nun, die Elasticität des Dampfes sei e, so ist, wenn a der Druck der Atmosphäre ist, 0,6 (e — a) der Druck auf den Kolben. In der Tabelle (S. 500.) suche man hierfür p, d. h. den Druck des Dampfes in W. Pfunden von einer Elasticität = (e — a) auf Einen Quadratzoll, so ist 0,6 p der effective Druck des Dampfes in Pfunden auf Einen Quadratzoll des Kolbens, ist d der Durchmesser des Kolbens, so ist $\frac{\pi}{4} d^2$ die Fläche des Kolbens, folglich, (da $\frac{\pi}{4} = 0{,}785$) $0{,}785\ d^2 . 0{,}6\ p$ der effective Druck des Dampfes auf den ganzen Kolben, und wenn die Geschwindigkeit des Kolbens in Einer Minute gleich V Fuß ist, so

*) Ebenfalls nach Tredgold und nach Prechtl.

**) Ein Verlust, der bei den Hochdruckmaschinen an die Stelle des Verlustes wegen unvollkommener Condensation bei Condensationsmaschinen tritt.

***) Um den heftigen Stoß des Kolbens gegen das Ende des Cylinders zu vermeiden, wird, ehe derselbe eintritt, der Dampf abgeschlossen.

Digitized by Google

ist die Wirkung der Maschine in W. Pfunden erhoben auf Einen Fuß $= 0{,}785\ d^2 . 0{,}6 . p . V.$*).

Ein Beispiel wird dieß näher erklären. Gesetzt der Durchmesser des Cylinders sei $(d =)$ 9″; der Druck des Dampfes in dem Kessel sei $(e =)$ 5 Atmosphären, so ist nach Abzug des Drucks der Atmosphäre $e - a = 4$ Atmosphären, in der Tafel S. 500. findet sich hierfür $p = 50{,}92$, und endlich mache der Kolben in Einer Minute 45 Kolbenspiele, und jeder Kolbenhub sei $= 2'$, so gibt dieß (weil jedes Kolbenspiel aus zwei Kolbenhuben besteht), eine Geschwindigkeit des Kolbens in der Minute von $(V =)$ 180′, diese Werthe der Buchstaben in die obige Formel gesetzt, ergibt sich als Wirkung oder Nutzeffect der Maschine $0{,}785 . 81 . 0{,}6 . 50{,}92 . 180 = 349653$ Pfunde in Einer Minute auf 1 Fuß gehoben.

Um die Masse Dampf zu erfahren, welche zu dieser Wirkung erforderlich ist, multiplicirt man den Inhalt des Cylinders mit der Geschwindigkeit des Kolbens. Wenn man dieses Product nachher mit der Anzahl von Kubikfußen Dampf, die sich aus einem Pfunde Wasser nach dem Drucke des Dampfes in dem Kessel bilden, dividirt, so erhält man die Anzahl der Kubikfuße Wasser, welche in Einer Minute von der Dampfmaschine verzehrt werden. Nach Prechtl soll man noch bei Berechnung des Dampfvolumens 0, 2 in Betracht des erlittenen Dampfverlustes hinzufügen. Der Inhalt des Cylinders der oben beispielsweise berechneten Maschine, wo der Kolbenhub $= 2'$, der Durchmesser des Cylinders $= 9'' = 0',75$ war, ergibt sich 0,4415 Kubikfuß, dieser multiplicirt mit 180′ als der Geschwindigkeit und mit 1, 2 in Bezug auf den Dampfverlust (welches das nämliche ist, als wenn ich 0, 2 des Products zum Product zuaddire, weil $q + 0{,}2\ q = q\ (1 + 0{,}2) = 1{,}2\ q$) gibt das Volumen des zur oben berechneten Wirkung bei dieser Maschine erforderlichen Dampfes $= 95{,}37$ Kubikfuß. Dieß aber ist Dampf von einer Elasticität $= 5$ Atmosphären; aus der Tab. S. 447. seh ich, daß bei solchem Drucke 6, 9 Kubikfuß Dampf auf ein Pfund kommen, folglich habe ich das Gewicht des Dampfes $= \frac{95{,}37}{6{,}9} = 13{,}82$ Pf. Bei einer derartigen Maschine also werden 349653 Pfund in Einer Minute auf 1 Fuß von 13,82 Pfund Dampf gehoben; die Wirkung Eines Pfundes Dampf ist folglich $\frac{349653}{13{,}82} = 25290$.

Was die S. 491. ff. beschriebene Hochdruckmaschine mit Expansion betrifft; bezeichnet man die Geschwindigkeit des Kolbens mit V in ei-

---

*) Die Rechnung ist leichter, wenn man den Druck für Kreiszolle statt für Quadratzolle nimmt; dann wird durch d^2 die Kolbenfläche gegeben. Der Druck des Dampfes von 1 Atmosph. auf den Kreiszoll ist $= 12{,}732 . 0{,}785 = 9{,}9943$ Pf., wofür man 10 Pfund annehmen kann. Hiernach ist die Wirkung der Maschine, wenn p den Dampfdruck im Kessel bezeichnet, und q p den Verlust durch Reibung u. s. w. $= d^2\ V\ (p\ (1 - q) - 10)$; V ist die Geschwindigkeit und q im gegenwärtigen Falle $= 0{,}4$.

Digitized by Google

ner Minute, mit d den Durchmesser des Kolbens in Zollen, mit p den Druck des Dampfes im Kessel, und den (S. 508.) 0,4 berechneten Verlust mit q, wo also der ganze Verlust (indem p bei der Berechnung zu 0,4 = 1 angenommen wurde) p q, bedeutet p' den Gegendruck der Atmosphäre*), und geschieht die Absperrung des Dampfes bei $\frac{1}{n}$ des Kolbenhubes; so ist die Wirkung der Maschine durch folgende Formel (nach Prechtl) bestimmt:

$$= d^2 V \left(p \left(\frac{1 + \log. nat. n}{n} - q \right) - p' \right)$$

Der in der Klammer eingeschlossene Werth ist der mittlere Druck des Dampfes auf einen Kreiszoll in Pfunden, während der Kolbenbewegung durch den Cylinder. Für die vortheilhafteste Expansion wird $n = \frac{p}{qp + 10}$ und für den Fall, als n auf diese Art bestimmt, folglich in jener Formel für $qp + 10 = \frac{p}{n}$ gesetzt wird, wird die Wirkung

$$= \frac{d^2 V p}{n} (\log n. n).$$

Nimmt man diese Dampfmaschine mit der vorigen von denselben Dimensionen an, und setzt p = 5 Atmosph. = 50 Pfund, q = 0, 4, $n = \frac{50}{30} = 1,66$, d. h. geschieht die Absperrung bei $\frac{1}{n} = \frac{3}{5}$ des Kolbenhubens, so ist die Wirkung = 223090 Pfund. Die Dampfmenge für diese Wirkung ist = 0,4415 . $\frac{3}{5}$. 180 . 1, 1, indem der Dampfverlust hier nur zu 0, 1 gerechnet zu werden braucht, also = 52,448 Kubikfuß; folglich das Gewicht des Dampfes = $\frac{52,448}{6,9}$ = 7, 60 Pfund, und die Wirkung von Ein Pfund Dampf = 29350 Pfund auf Ein Fuß in Einer Minute gehoben. Folglich ist bei diesen Verhältnissen für denselben Aufwand an Brennstoff die Wirkung mit dieser Ausdehnung zu jener ohne Ausdehnung = 29350 : 25290; woraus sich dann der Vorzug der Hochdruckmaschinen mit Expansion vor denen ohne Expansion ergibt.

Die Wirksamkeit derjenigen Maschinen, welche mit einem Condensator versehen sind, hängt vorzugsweise von dem Grade von Vollkommenheit ab, in welchem die Condensation bewirkt wird. Der Dampf condensirt sich um so schneller, je weniger dicht er ist, man muß deßwegen den Condensator von nicht zu geringer Größe machen, damit der Dampf, so wie er aus dem Cylinder tritt, sich in demselben ausdehnt und daher schneller condensirt. Wirkt die Maschine durch Expansion, so ist der zu condensirende Dampf, schon ehe er in den Condensator tritt, verdünnt und daher zur schnellen Condensation geeig-

*) Hier = 10 Pfund, vergl. S. 509. Anmerk.

Digitized by Google

neter; in dieser Rücksicht also erscheinen die Condensationsmaschinen mit Expansion als vorzüglich. Das kalte Wasser, welches dadurch, daß es in den Condensator eingeworfen wird (lat. injicere), die Verdichtung des Wasserdampfes zu Wasser bewirkt, heißt das Injectionswasser. Bezeichnet man mit S das Gewicht des Dampfes von irgend einer Temperatur, welcher in dem Cylinder wirkt, mit t die Temperatur des Wassers vor der Condensation, mit T die Temperatur desselben nach der Condensation (die Temperatur des Condensators), und mit W die Menge des nöthigen Injectionswassers, so ist

$$W = \frac{520 - T}{T - t} S;$$

so also, daß, wenn z. B. $T = 36°$ R., $t = 10°$ R. ist, $W = 18{,}6\ S$ wird, d. h. 18,6mal so viel Injectionswasser als Dampf zur Condensation nöthig ist. Wegen des Verlustes an Dampf durch den Kolben, muß man diese Größe noch mit 1,1 multipliziren, wornach $W = 20{,}46\ S$ wird. Je vollständiger die Condensation erfolgen soll, desto mehr ist Wasser im Verhältniß zu dem zu condensirenden Dampf nöthig. Die Temperatur des Condensationsraumes beträgt gewöhnlich 40° R.

Durch die Condensation wird hiernach nie ein völlig luftleerer Raum erzeugt, sondern immer bleibt noch Dampf, aber von bei weitem niederer Temperatur und Elasticität, als der aus dem Dampfkessel kommende, im Condensationsraume zurück. Dieser Dampf ist mit Luft gemischt. Denn das Wasser führt immer Luft bei sich, sowohl das, aus welchem im Kessel der die Maschine in Bewegung setzende Dampf erzeugt wird, als auch das Injectionswasser. Soll sich nun diese nicht allmählig so anhäufen, daß sie der Bewegung der Maschine hinderlich wird, so muß sie aus dem Condensator fortgeschafft werden, welches mittelst der Luftpumpe, oder Luft- und Warmwasserpumpe geschieht. Die Capacität dieser Pumpe kann man, nach Berechnung der im Wasser enthaltenen Luft, woraus sich die Gesammtmenge des bei einem Kolbenhube fortzuschaffenden ergibt, auf $\frac{1}{12}$ des Inhaltes des Cylinders annehmen, wobei angenommen ist, daß der Condensator und die Pumpe von gleichem Inhalte sind; bei den Maschinen von Watt und Boulton ist die Capacität der Luftpumpe gewöhnlich $\frac{1}{8}$ des Cylinders. Um die Pumpe in Bewegung zu setzen, wird wieder ein Theil der ganzen Wirkung der Maschine in Anspruch genommen, der also für die weitere Wirksamkeit der Maschine verloren geht. Nennt man a den Durchmesser der Pumpe in Zollen, v die Geschwindigkeit des Kolbens in Einer Sekunde, l die Länge des Kolbenhubes in Fußen, und $\frac{a^2}{n}$ den Querschnitt der Klappen, so ist nach Tredgold dieser Aufwand an Kraft

$$= \frac{a^2 v}{2} \left(2{,}85 + 0{,}055\, l + \frac{n^2 v^2}{882} + 2\, r\right)$$

Pfunde (engl.) auf ein Fuß (engl.) in Einer Secunde gehoben. Hier bezeichnet das erste Glied des in der Klammer stehenden Factors, der den Widerstand oder mittleren Druck auf den Pumpenkolben ausdrückt,

den Widerstand des Dampfes, das zweite Glied den Widerstand des Wassers, das dritte den Widerstand durch die Klappen; r ist die Reibung, und wird für 2 Pfund auf den Kreiszoll angenommen, so daß $2r = 4$ ist. Für die Klappen nimmt man die Hälfte des Querschnittes der Pumpe, oder $n = 2$. — Für eine Dampfmaschine von doppelter Wirkung z. B. welche 32,2 Pferdekräfte besitzt, hat bei ganzer Füllung der Kolben 30″ Durchmesser, 6 Fuß Kolbenhöhe, 3, 4 Fuß Geschwindigkeit in der Secunde; folglich ist der Inhalt des Cylinders bei einem Kolbenhube = 29,448 Kub. Fuß. Demnach wird der Inhalt der Luftpumpe (zu $\frac{1}{8}$) = 3,68 Kub. Fuß, also bei 3 F. Hubhöhe = 1, ihr Durchmesser $a = 15''$, die Geschwindigkeit $v = 1', 7$. Der Kraftaufwand für die Luftpumpe ist folglich = 1338 Pf. in Einer Secunde auf Ein Fuß; oder 80280 Pf. in Einer Minute auf Ein Fuß gehoben, welches (Eine Pferdekraft von 33000 Pf. engl. angenom.) 2,43 Pferdekräfte sind; so daß hier der Verlust durch die Pumpe ungefähr $\frac{1}{13}$ der ganzen Wirkung beträgt. Man muß, um diesen Verlust nicht unnöthig zu vermehren, die Luftpumpe nicht größer machen als gerade zu Erfüllung ihres Zweckes nöthig erscheint.

Bei der S. 496. beschriebenen atmosphärischen Dampfmaschine kann der Inhalt der Luftpumpe $\frac{1}{12}$ der Capacität des Cylinders sein, der Durchmesser des Injectionsrohres ist $\frac{1}{9}$, und die Injectionsöffnung $\frac{1}{36}$ des Durchmessers des Cylinders. Bei dieser Maschine ist der Druck der Atmosphäre die bewegende Kraft, von welcher die Kraftaufwände durch Reibung, und Widerstand des nicht condensirten Dampfes abgezogen werden müssen.

Nimmt man den Druck der Atmosphäre bei dieser Maschine = 1 an, so sind die Verluste bei einer Temperatur des Condensationsraumes von 40° R., gemessen in Brüchen der Atmosphäre:

1) vom Widerstande des nicht condensirten Dampfes von 40° R. Temp.	0,134
2) von der nöthigen Kraft um ihn durch die Leitungen zu treiben.	0,007
3) von der Abkühlung des Cylinders u. s. w. . . .	0,067
4) von der Reibung des Kolbens.	0,050
5) von der zu Oeffnung der Ventile, Hebung des Injectionswassers und Ueberwindung der Reib. der Achsen nöthigen Kraft.	0,100
6) von der zu in Gang Setzung der Luftpumpe nöthigen Kraft.	0,100
also der gesammte Verlust an Kraft =	0,458

der Kraft der Atmosphäre, so daß nur noch $1 - 0,458 = 0,542$ des Druckes der Atmosphäre wirksam bleiben, oder ein Druck von $0,542.10$ *) = 5,42 Pf. W. auf den Kreiszoll. Hiernach ist die Wirkung einer derartigen Maschine gleich dem Producte aus 5,42, dem Quadrate des Durchmessers des Kolbens und der halben Geschwindigkeit des

*) S. S. 509. Anm.

Digitized by Google

Kolbens. Die, diese Wirkung hervorbringende Dampfmenge wird bestimmt durch das Product aus dem Flächeninhalte des Kolbens in Fußen mit der halben Geschwindigkeit, mehr ein Fünftel für Verlust an Dampf durch Abkühlung und unvollkommenen Kolbenschluß.

Wenn z. B. der Durchmesser des Cylinders = 30″, die Geschwindigkeit des Kolbens in Einer Minute = 200′ ist, so ist die Wirkung der Maschine = $5{,}42 \cdot 30^2 \cdot 100 = 487800$ Pfund in Einer Minute auf Ein Fuß gehoben. Die Dampfmenge (für 80° R.) ist = $4{,}906 \cdot 200 \cdot 1{,}2 = 588{,}72$ Kub. Fuß oder $\frac{588{,}72}{30{,}1}$ *) = 19,5 Pfund; folglich für ein Pfund Dampf die Wirkung 25010 Pfund in Einer Minute auf Ein Fuß gehoben.

Bei der S. 496. beschriebenen Wattschen Maschine von einfacher Wirkung hat die Luftpumpe ein Achtel der Capacität des Cylinders, oder den halben Durchmesser des letzteren und die halbe Länge des Hubes; der Durchmesser der Injectionsöffnung ist wieder $\frac{1}{30}$ des Durchmessers des Cylinders. Die Klappen im Kolben der Luftpumpe sind so groß als möglich, und die Klappen am untern und obern Ende dieser Pumpe müssen zusammen wenigstens eben so groß sein.

Der nutzbare Druck auf den Kolben ist geringer als die Differenz zwischen der Kraft des Dampfes in dem Kessel und dem Widerstande des nicht condensirten Dampfes. Nimmt man den Druck des Dampfes im Kessel = 1 an, so muß, um die Wirksamkeit der Maschine zu berechnen, davon abgezogen werden:

1)	die Kraft, welche zur Bewegung des Dampfes in den Röhren um zum Cylinder zu gelangen erfordert wird.	0,007
2)	der Verlust wegen Abkühlung im Cylinder und in den Röhren.	0,038
3)	die Kolbenreibung und die Verluste wegen unvollkommener Schließung des Kolbens.	0,050
4)	die zu Treibung des Dampfes in die außer dem Cylinder befindlichen Leitungen nöthige Kraft.	0,007
5)	die Kraft, welche nöthig ist, um die Ventile zu öffnen und zu schließen, das Injectionswasser zu heben und die Reibung der Axen zu überwinden.	0,100
6)	die Verminderung der Wirkung wegen Abschließung des Kolbens vor Beendung des Kolbenhubes.	0,098
7)	die Kraft, welche die Luftpumpe in Bewegung setzt. .	0,100
	der gesammte Verlust an Kraft also =	0,400

Nutzbare Kraft bleibt also 1 — 0,400 = 0,600 des Druckes des Dampfes im Cylinder.

Folglich findet man die Wirkung der Maschine, wenn man das Quadrat des Kolbendurchmessers in Zollen mit 0,600 des Druckes des Dampfes in dem Kessel und mit der halben Geschwindigkeit multiplicirt.

*) S. d. Tab. S. 448. bei 80° R. sechste Columne.

Digitized by Google

Wenn z. B. der Druck des Dampfes im Kessel = 15 Pfund auf den Quadratzoll (= 11,775 auf den Kreiszoll) ist; so ist der Druck auf den Kolben = 11,775. 0,6 = 7,065. Hiervon der Widerstand im Condensator bei 40° R. mit 1,2 Pfund für Einen Kreiszoll abgezogen gibt 7,065 — 1,2 = 5,86 Pfund W. für den effectiven Druck auf den Kolben für Einen Kreiszoll. So erhält man also die Wirkung der Maschine, wenn man das Quadrat des Durchmessers des Kolbens in Zollen mit 5,86 Pf. und der halben Geschwindigkeit des Kolbens multiplicirt. Z. B. der Durchmesser des Cylinders sei = 30″, die Geschwindigkeit des Kolbens = 200′; so ist die Wirkung = 900 . 100 . 5,86 = 527400 Pfund in 1 Minute auf 1 Fuß gehoben. Die diese Wirkung hervorbringende Dampfmenge ergibt das Product aus der Kolbenfläche in Fußen mit der halben Geschwindigkeit, wozu noch $\frac{1}{10}$ für Dampfverlust durch Abkühlung und unvollkommenen Schluß des Kolbens und der Klappen gefügt wird. Diese Dampfmenge ist also hier = 4,906 . 100. 1, 1 = 539,66 Kub. Fuß., oder $\frac{539,66}{25,8}$ = 20,9 Pfund. Die Wirkung für Ein Pfund Dampf ist folglich = 25280 Pfund in Einer Minute auf Einen Fuß gehoben.

Wenn diese Maschine durch Expansion wirken soll, so darf die im Pumpenwerk zu hebende Wassersäule nicht das Uebergewicht erlangen, und deßwegen darf der Druck auf den Kolben am Ende des Niederganges nicht weniger als die Hälfte des effectiven Druckes außer dem Widerstande gegen Reibung und Condensator betragen. Dann wird $n = \frac{2\,p}{p + 0,4\,p + p'}$ *); und so erhält man für die Wirkung bei dieser Expansion:

$$= \frac{d^2 v p}{n} (\text{log. nat. } n + (n - 1))$$

wo v die halbe Kolbengeschwindigkeit, d den Durchmesser des Kolbens bedeutet. Für die obigen Angaben ist folglich n = 1,33, und der mittlere Druck auf den Kolben folglich = $\frac{p}{n}$ (logn. n + 0,33) = $\frac{11,775}{1,33}$. 0,625 = 5,53 Pfund; also die Wirkung = 900 . 100. 5,53 = 497700 Pfund in 1 Min. auf 1 F. gehoben. Die zu dieser Wirkung erforderliche Menge Dampf ist $\frac{539,66}{1,33}$ = 405,3 Kub. F. oder 15,71 Pfund, also Wirkung für 1 Pf. Dampf = 31680 Pfund in 1 Min. auf 1 F. gehoben.

Bei der S. 497. beschriebenen Wattschen Dampfmaschine

*) p und p′ haben die früheren Bedeutungen; die folgende Formel wird erhalten, wenn man diesen Werth in die erste Formel auf S. 510 substituirt.

Digitized by Google

von doppelter Wirkung nehme man den Druck des Dampfes in dem Kessel = 1 an, und setze fürs erste den Verlust, welcher sich aus dem nicht condensirten Dampfe ergibt, bei Seite; so sind die übrigen Verluste:

1)	die Kraft, welche die Bewegung des in den Cylinder tretenden Dampfes bewirkt.	0,007
2)	die Abkühlung im Cylinder und in den Röhren. . .	0,016
3)	die Reibung des Kolbens, und die Verluste wegen unvollkommener Schließung desselben.	0,125
4)	die Kraft zu Austreibung des Dampfes.	0,007
5)	die Kraft zu Oeffnung und Schließung der Ventile, zu Hebung des Injectionswassers und Ueberwindung der Reibung der Axen.	0,063
6)	die Verminderung der Wirkung durch Abschließung des Dampfes vor Beendung des Kolbenhubes. . . .	0,100
7)	die Kraft zu Bewegung der Luftpumpe.	0,050
	also der gesammte Verlust an Kraft =	0,368

Als nutzbarer Druck des Dampfes also bleibt 1 — 0, 368 = 0,632.

Bezeichnet V die Geschwindigkeit des Kolbens in Einer Minute, d den Durchmesser des Kolbens, p den Druck des Dampfes im Kessel, und p′ den Druck des Dampfes im Condensator auf Einen Kreiszoll, so ist folglich die Wirkung der Maschine:

$$= d^2 V (p\ 0{,}632 - p')$$

Es sei z. B. der Druck des Dampfes im Kessel auf 1 Quadratzoll 15 Pfund, so ist der Druck auf Einen Kreiszoll = 11,775. 0,632 = 7,44 Pfund; die Temperatur des Condensators sei = 40° R. so ist der effective Druck auf den Kolben 7,44 — 1,2 = 6,24 Pfund für Einen Kreiszoll; für den Durchmesser des Cylinders (d) = 30″ und die Geschwindigkeit des Kolbens in Einer Minute (V) = 200′ ist sonach die Wirkung = 900. 200. 6,24 = 1123200 Pfund in 1 Min. auf 1 F. gehoben.

Soll die Maschine durch Expansion wirken, so ist die vortheilhafteste Absperrung die, wo $n = \frac{p}{q\,p + p'}$ *); q ist = 0,368, also ist nach den obigen Angaben $n = \frac{15}{15 . 0{,}368 + 1{,}53} = 2{,}127$. Die Wirkung der Maschine ist $= \frac{d^2 V}{n} p\,(\log n.\ n)$ **) wo p = 11,775 Pf. (s. S. 514.); also = 900 . 200. 5,53 . 0,754 = 751090 Pf. in 1 Min. auf 1 F. gehoben. Die hierzu erforderliche Menge Dampf ist =

*) p und p′ haben die obigen Bedeutungen, q ist der Verlust an Kraft.

**) Wieder nach der Formel S. 510.

Digitized by Google

$\frac{1079,3}{2,127}$ = 507,26 Kub. F. in 1 Min., oder 19,64 Pf; also die Wirkung von 1 Pf. Dampf = 38230 Pf. in 1 Min. auf 1 F. gehoben.

Was endlich die S. 498. beschriebene Maschine von Woolf und Hornblower betrifft, so wirkt bei ihr der kleine Cylinder ganz wie bei einer Hochdruckmaschine bei ganzer Füllung, wogegen der Raum, welcher durch die Expansion eingenommen wird, getrennt durch den großen Cylinder dargestellt wird. Zu Berechnung der Wirkung dieser Maschine denke man sich beide Cylinder in Einen zusammengenommen, welcher den Durchmesser des kleineren Cylinder hat, und eine so große Höhe, daß der Inhalt desselben der Summe des Inhaltes der beiden Cylinder gleich sei. Der Inhalt des größeren Cylinder ist also $= n = \frac{p}{q\,p + p'}$ und die Wirkung der ganzen Maschine $= d^2\,V\,p\,(\log. nat.\ n)$, wo d den Durchmesser des kleinen Cylinders, V die Geschwindigkeit des Kolbens im kleinen Cylinder und p den Dampfdruck im Kessel auf 1 Kreiszoll bezeichnet. Die Verluste (q) müssen nach den einzelnen Cylindern bestimmt werden, bei dem kleinen Cylinder sind sie dieselben wie bei den Hochdruckmaschinen (S. 508.), nämlich = 0,4. Beim großen Cylinder sind die Verluste (der gesammte Druck des Dampfes auf den Kolben = 1 gesetzt):

1) wegen der Abkühlung im Cylinder und in den Röhren	0,016
2) wegen Kolbenreibung.	0,125
3) wegen der Kraft, die erforderlich ist, den Dampf in die Leitungen zu treiben.	0,007
4) wegen der Kraft, welche die Luftpumpe in Bewegung setzt.	0,050
zusammen =	0,198

also ungefähr = 0,2; da nun von der ursprünglichen Kraft des Dampfes im Kessel, im kleinen Cylinder schon 0,4 verloren gingen, also der Dampf mit nur 0,6 seiner ursprünglichen Kraft in den großen Cylinder kam, so ist der Verlust in diesem von der ursprünglichen Kraft = 0,6 . 0,2 = 0,12, und dieses zu 0,4, dem Verlust im kleinen Cylinder addirt gibt den Verlust in der ganzen Maschine q = 0,52. Hiernach ist für den Druck des Dampfes im Condensator = 1,15 Pfund, und bei dem Drucke des Dampfes im Kessel von 5 Atmosphären = 50 Pfund, $n = \frac{50}{0,52 \cdot 50 + 1,15} = 1,84$, d. h. es verhält sich die Capacität des kleinen Cylinders zu der des großen = 1 : 1,84. Hat nun z. B. der kleine Cylinder dieselben Dimensionen wie der S. 509. angegebene der Hochdruckmaschine, nämlich d = 9″, V = 180′, so ist die Wirkung der beiden Cylinder zusammen in gegenwärtigem Falle

= 81 . 50 . 180 . 0,609 = 443930 Pfund

in 1 Min. auf 1 F. gehoben. Das Gewicht der dieser Wirkung entsprechenden Dampfmenge ist 13,82 Pf. *), die Wirkung von 1 Pfund Dampf = 32120 Pf. in 1 Min. auf 1 F. gehoben.

*) Die Rechnung wird in derselben Art, wie bei den frühern Beispielen angestellt.

Die einzelnen Theile der Dampfmaschine sind nun näher zu betrachten.

1) Der Dampfkessel kann der wichtigste Theil der Dampfmaschine genannt werden, insofern er die Bestimmung hat, durch Zuführung der ihm von Außen mitgetheilten Hitze, das Wasser in Dampf zu verwandeln und durch diesen die ganze Maschine in Bewegung zu setzen. Man fertigt denselben aus Gußeisen, geschlagenem Eisen oder Eisenblech und Kupferblech, die gußeisernen Kessel sind am wenigsten anzurathen, weil dieselben leicht springen und dabei zerstückt werden, welche Stücke beim Platzen sehr gefährlich werden können. Kessel aus Kupfer und aus weichem Eisen springen weniger leicht, und erhalten dann gewöhnlich nur Risse. Man bedient sich daher vorzugsweise des Eisen- und Kupferbleches, indem man den, die erforderliche Dicke habenden, am besten gewalzten Blechplatten, die nöthige Form gibt und dieselben mit starken Nietnägeln von demselben Metalle fest zusammennietet.

Der Dampfkessel muß, damit er nicht springt, einen sehr bedeutenden Druck auszuhalten im Stande sein, nämlich den Druck der Dämpfe, welche in ihm gebildet werden. Seine Festigkeit muß aber noch bedeutender sein, als hinreichen würde, den Druck des Dampfes grade auszuhalten, weil das Metall im Feuer leichter zerreißbar wird, weil die Platten da, wo sie zusammengenietet sind, einen geringeren Widerstand leisten, weil ferner die verschiedenen Theile des Kessels durch die Hitze ungleich ausgedehnt werden, weil endlich eine gewisse Kraft erfordert wird, damit sich die Wände auch dann, wenn von innen nur ein geringer oder gar kein Druck wirkt, selbst erhalten. Ein Theil der von innen wirkenden Kraft wird durch den von außen im entgegengesetzten Sinne wirkenden Druck der Atmosphäre aufgehoben. Nennt man bei einem herzustellenden cylindrischen Kessel den Halbmesser desselben r, den Ueberschuß des Druckes, welchen der Dampf gegen die Wände ausübt, über den Druck der Atmosphäre in Pfunden auf 1 Quadratzoll p so geben folgende Formeln die erforderliche Dicke der cylindrischen Wand:

$$\text{für geschlagenes Eisen} = \frac{p\,r}{1200} + 0{,}01\sqrt{2\,r};$$

$$\text{für gehämmertes Kupfer} = \frac{p\,r}{800} + 0{,}01\sqrt{2\,r}.$$

Dieselbe Dicke gibt man auch einem sphärischen Kessel, so wie den sphärischen Enden eines Cylinders. Bei länglich viereckigen Kesseln berechnet man auch die Wanddicke nach den angegebenen Formeln, wo dann r die Hälfte der größten Diagonale des auf die Länge senkrechten Querschnittes bezeichnet. Die Stellen des Kessels, welche unmittelbar dem Feuer und der heißen Luft ausgesetzt sind, oxydiren fortwährend, weßhalb man die Platten, welche die Bodenfläche bilden, noch einmal so dick zu nehmen pflegt als die Platten der Oberfläche.

Die Wanddicke gußeiserner Röhren gibt die Formel:

$$\frac{p\,r}{800} + 0{,}1\sqrt{2\,r}$$

wo p und r die oben angegebenen Bedeutungen haben.

Digitized by Google

Die Dampfmenge, welche ein Kessel in einer bestimmten Zeit liefern kann, wird desto größer jemehr die Temperatur der heißen Luft im Feuerherde die Temperatur des im Kessel dampfenden Wassers übersteigt, je größer ferner die verdampfende Fläche d. h. die Wandfläche, welche zwischen Wasser und Feuer liegt, ist, und je schneller endlich diese metallene Fläche dem Wasser die Wärme zuführt. Hiernach ergibt sich als die passendste Form der Kessel diejenige, bei welcher eine möglichst große Oberfläche dem Feuer dargeboten wird und wo am besten die Heitzung gleichförmig angebracht werden kann. Da große Kessel eine sehr bedeutende Dicke haben müssen, so thut man besser, um die erforderliche Menge Dampf zu erzeugen, statt eines großen sich lieber zweier oder mehrerer Kessel von geringerer Größe zu bedienen. Zu Dampfmaschinen von niederem Drucke bedient man sich vortheilhaft viereckiger Kessel; für Dampfmaschinen mit hohem Druck dagegen verdienen die cylindrischen Kessel den Vorzug; man gibt diesen höchstens eine Länge von 15 Fuß, und bedient sich zur Erzeugung einer größeren Menge von Dampf mehrerer Kessel. Eine besondere Einrichtung zeigt der Fig. 208. und Fig. 209. abgebildete Dampfkessel. Fig. 208. zeigt den verticalen Durchschnitt. P ist der Feuerherd über dem Roste A und das Feuer geht durch die Züge aa, bb, nach dem Rauchfange bei f. Der Kessel hat einen Durchmesser von 15 Fuß. Er bietet eine sehr große verdampfende Fläche dar, und hat noch den Vortheil, daß die Bodenflächen desselben nicht über dem Feuer sondern auf dem Mauerwerke stehen; der sich dort aus dem Wasser sammelnde Bodensatz kann also keine Verbrennung der Bodenfläche veranlassen. S. S. 520. Der Kessel darf nicht gänzlich mit Wasser gefüllt sein, sondern muß zum Theil fortwährend Dampf von derjenigen Beschaffenheit, wie er gebraucht wird, vorräthig haben. Man unterscheidet deßwegen den Dampfraum und den Wasserraum im Kessel. Besonders bei den Maschinen, wo die Dampfzuleitung nach dem Treibcylinder auf etwas längere Zeit unterbrochen wird, also namentlich bei den atmosphärischen Dampfmaschinen und bei allen denen, welche durch Expansion wirken, ist ein großer Dampfraum, also eine bedeutende Aufspeicherung von Dampf nöthig, weil sonst, während der Zeit wo der Dampf abgesperrt ist die Elasticität desselben in einem Grade zunehmen würde, der dem Kessel nachtheilig werden könnte. Der Raum für das Wasser muß in allen Fällen wenigstens so groß sein, daß die vom Feuer bestrichene Fläche des Kessels stets vom Wasser bedeckt ist. Da das Wasser durch die Verwandlung in Dampf fortwährend verzehrt wird, so muß auch immer auf's neue Wasser in den Kessel geführt werden. Damit dieses aber nicht eine zu große Temperaturerniedrigung im Kessel bewirke, darf der Vorrath von heißem Wasser im Kessel nicht zu gering sein, und man nimmt das Speisewasser selbst von so hoher Temperatur, als man nebenbei nur erreichen kann. Man hat dem Kessel auch zuweilen eine solche Form gegeben, daß die Heitzung von innen geschieht; doch erscheint dieselbe nicht zweckmäßig.

Man bringt in diesem Falle zwei Cylinder in einander, so daß ihre Axen parallel mit einander, aber nicht in einander fallen. Der Feuer-

Digitized by Google

herd befindet sich am offenen Ende des Cylinders, und das Feuer wirkt durch die Wände des kleinen Cylinders auf das Wasser, welches sich zwischen beiden Cylindern befindet. Diese Kessel bieten aber eine sehr große Fläche zur Abkühlung dar. Der innere Cylinder wird leicht verbogen und zerbrochen, und da das Wasser unmittelbar den Feuerherd umgibt, so wird die Wärme sehr stark abgeleitet, und dadurch eine gehörig lebhafte und vollständige Verbrennung gehindert. Die meisten Explosionen, die in England bei Dampfkesseln vorgekommen sind, haben bei derartigen Kesseln stattgefunden. Vergl. d. Schluß dies. Art.

Statt der Kessel bedient man sich bei Maschinen von hohem Drucke vortheilhaft der Röhrenapparate, indem der Dampf in Röhren oder kleinen Cylindern erzeugt wird. Diese halten bei geringerer Dicke einen verhältnißmäßig sehr großen Druck aus, und bieten eine große verdampfende Fläche dar. Woolf bediente sich zur Erzeugung des Dampfes eines Apparates, den Fig. 210. darstellt. 6 bis 8 Röhren liegen quer unter einem dicken eisernen Kessel, dem sie den Dampf zuführen. A ist die Oeffnung, in welche das Wasser mittelst einer Pumpe gepreßt wird, B enthält das Sicherheitsventil, C ist ein Loch, um, wenn der Kessel gereinigt werden soll, hineinzukriechen, und D diejenige Oeffnung, durch welche der Dampf in den Treibcylinder gelangt. Diese Röhrenapparate können mannigfach abgeändert werden. Nach einer amerikanischen Einrichtung besteht der Dampferzeuger aus einer einzigen, 100 F. langen, 0,5 Zoll im Durchmesser haltenden, zur Gestalt eines abgekürzten Kegels von unten 20 Z., oben 10 Zoll Durchmesser gewundenen Röhre, in welche das Wasser oben hineinläuft, und während es durch ihre ganze Länge fließt, sich in Dampf verwandelt. Der so gebildete Dampf tritt dann aus dem unteren Ende der Röhre in eine eigne Dampfkammer, und wird von hieraus benutzt; die gewundene Röhre selbst ist in den Ofen eingemauert, und gibt keine Gefahr beim Zerspringen, indem sie bei ihrer Dünne bloß zerreißt und das Wasser auslaufen läßt, wodurch das Feuer verlöscht. Dennoch gewährt sie den Versuchen nach eine Spannung von 90 bis 100 Pfd. und darüber gegen einen Quadratzoll Fläche.

Das Nachfüllen oder Speisen des Kessels mit Wasser geschieht bei Kesseln mit niederem Drucke am besten mittelst einer Vorrichtung, wie sie Fig. 211. darstellt. G ist die obere Fläche des Kessels, auf welcher der Behälter d steht, von diesem geht eine Röhre M nach dem Wasserbehälter, aus dem die Speisung geschieht. Auf dem Wasser im Kessel schwimmt die Kugel a, welche an dem längeren Arme des Hebels h befestigt ist. So wie das Niveau des Wassers im Kessel sinkt, geht die Kugel herab und öffnet dadurch das Ventil in d und das Speisewasser strömt in den Kessel. Die Wassersäule in der Röhre M muß aber so hoch sein, daß sie den Druck des Dampfes im Kessel überwiegt. Um das Spiel des Ventiles im Behälter d zu beobachten, geht von dem Ventile eine Stange in einer Stopfbüchse durch den Deckel des Behälters d. Bei Dampfkesseln mit hohem Drucke würde die Röhre M, wenn man bei diesen den eben beschriebenen Speiseapparat anwenden wollte, zu lang sein müssen; man bringt daher das Wasser durch

Digitized by Google

eine eigene Pumpe, die Speisepumpe, welche durch die Maschine selbst bewegt wird, in den Kessel. Hierbei bedient man sich folgendes Apparates. IIf (Fig. 212.) ist ein Durchschnitt eines Theils der oberen Fläche des cylindrischen Kessels. Die beiden an derselben Stange befindlichen Ventile A und B befinden sich in einem Gehäuse, in welches die Röhren C und D einmünden. F ist die Schwimmkugel, deren Stand durch das Gewicht G gehörig balancirt ist. Durch die Röhre D wird von der Druckpumpe aus das Speisewasser eingetrieben. Sinkt der Wasserspiegel und öffnet sich daher das Ventil A, so tritt das eingepumpte Wasser in den Kessel. Liefert die Pumpe mehr, als der Kessel verzehrt, so wird durch das Steigen der Schwimmkugel das Ventil A geschlossen und das Ventil B geöffnet, wodurch das durch die Pumpe überflüssig zugebrachte Wasser durch die Oeffnung C abfließt. — Da man zur Speisung des Dampfkessels nicht durchaus reines Wasser nehmen kann, so bildet sich auf dem Boden des Kessels ein Bodensatz, der endlich zu einer steinigen Masse verhärtet. Dieser sogenannte Pfannenstein hindert nicht allein die schnelle Wärmemittheilung an das Wasser, sondern bewirkt auch, daß das Feuer nach einiger Zeit den ihm unmittelbar ausgesetzten Theil des Kessels zerstört. Man muß daher bedacht sein, die Bildung dieses Bodensatzes zu verhindern, auch den Kessel von Zeit zu Zeit reinigen. Zu dem letzten Zwecke ist jeder Kessel mit einer Oeffnung versehen, durch die ein Mann hineinsteigen und den Kessel reinigen kann. Ehe dieß aber geschieht, ist es zweckmäßig, die Luft im Kessel mittelst eines Blasebalges zu erneuern, weil sich oft eine explodirende Gasart oder Stickgas in dem Kessel erzeugt. Um die Bildung des Pfannensteines zu verhindern, schüttet man bei Füllung des Kessels einige Kartoffeln oder bei Malzen der Gerste gebildete Wurzelfasern in das Wasser. Diese lösen sich in Schleim auf und verhindern das Ansetzen des Pfannensteins. Ferrari gibt den Rath, grob gepulverte Holzkohle, etwa $\frac{1}{2}$ Procent des Wassergewichts, um den Ansatz zu verhindern, zuzuschütten. Bei langen Kesseln kann man die Mündung der Speiseröhren bis zu dem vom Feuer entferntesten Theile des Kessels führen und in einiger Entfernung eine Scheidewand quer durch den Kessel anbringen, welche aber nicht bis zur Oberfläche des Wassers im Kessel reichen darf; dann bleibt der Bodensatz fast gänzlich in dem Theile des Kessels zurück, welcher am wenigsten der Hitze ausgesetzt ist, und man kann diese Abtheilung mit einem eigenen Ablaßhahne versehen. Jeder Kessel muß mit einer oder mehreren Sicherheitsvorrichtungen versehen sein, von denen später weiter die Rede sein wird.

2) Der Cylinder, in welchem sich der Kolben auf und nieder bewegt, daher auch Treibcylinder genannt, muß wo möglich immer eine senkrechte Stellung haben, weil sonst auf der der Erde zugeneigten Seite die Reibung des Kolbens an der innern Wand des Cylinders, vermöge der eigenen Schwere des Kolbens, stärker als auf der andern sein wird. Diese vermehrte Reibung bringt schon an sich einen neuen Kraftverlust, überdieß schleift sich der Kolben ungleich aus, und der Verlust wegen unvollkommener Schließung des Kolbens wird bald bedeutend zunehmen. Die Hubhöhe des Kolbens, d. h. die Höhe, bis zu welcher sich der Kolben im

Digitized by Google

Cylinder vom Boden desselben erhebt, macht man (und dadurch wird die Höhe des ganzen Cylinders bedingt) wo möglich noch einmal so groß, als der Durchmesser des Cylinders (oder, w. d. des Kolbens) ist, indem dann die Abkühlungsfläche die möglich kleinste ist. Die Dicke der Wand des Cylinders muß dem Drucke, den er aushalten soll, angemessen sein. Zu Berechnung derselben dient folgende Formel, in der r den halben Durchmesser des Cylinders (den Radius des Kreises, der seine Grundfläche ausmacht) und p den Ueberschuß des Druckes im Kessel durch den Dampf über den der Atmosphäre, die auf die äußere Fläche des Cylinders, also dem Dampfdrucke entgegen drückt, bezeichnet. $\frac{pr}{800} + 0{,}15\sqrt{2r}$.

Bei einem Cylinder z. B., dessen Durchmesser 9″ sein, und der einen Druck von 4 Atmosphären = 50,92 Pfund*) auf den Quadratzoll aushalten sollte, gäbe die Formel

$$\frac{50{,}92 \cdot 4{,}5}{800} + 0{,}15\sqrt{9} = 0{,}736 \text{ Zoll},$$

welches nahe $\frac{3}{4}$ Zoll ist.

3) Die Ventile oder Klappen sind im Allgemeinen diejenigen Vorrichtungen, welche dazu dienen, die Kanäle des Dampfes, der Luft, des Wassers abwechselnd zu öffnen und zu schließen. Von der Regelmäßigkeit, mit der dieses geschieht, und von dem Grade der Vollkommenheit, in der sie schließen, hängt der Gang und die Wirkung der Maschine wesentlich ab. Insofern von ihrem periodisch abwechselnden Oeffnen und Schließen der regelmäßige Gang der Maschine abhängt, bewirken sie die Steuerung derselben. Man hat verschiedene Arten von Ventilen, unter denen die einfachsten die

Klappenventile sind, Klappen, die auf der zu verschließenden Oeffnung ruhen, und an einem Gewerbe auf und nieder beweglich sind. Wirkt auf dieselben eine Kraft von unten, so öffnen sie sich, wirkt dagegen eine Kraft von oben, so schließen sie um so fester, je stärker jene Kraft ist. Sie müssen sorgfältig auf die Oeffnung, die sie schließen sollen, aufgeschliffen sein, und richten sich in ihrer Gestalt nach der Gestalt der Oeffnung. Solche Klappenventile sind z. B. in Fig. 203. über den Oeffnungen p im Kolben der Luftpumpe, eben so G, welche den Eingang des Condensators in diese Pumpe schließt. Man kann sich leicht vorstellen, wie beim Herabdrücken des Kolbens der Luftpumpe G angedrückt, die Klappen über p aufgedrückt werden, diese daher Luft und Wasser über den Stiefel lassen, dann aber beim Heraufgehen des Kolbens durch die auf ihnen ruhende Säule von Luft und Wasser fest zugedrückt werden, zugleich die Klappe Q aufgedrückt, und Luft und Dampf in K aufgenommen wird. Die konischen Klappenventile, Kegelventile, oder T Klappen (von ihrer Gestalt so genannt) schließen genauer als jene einfachen Klappenventile, und bestehen wesentlich aus einem abgestumpften Kegel (unter dem Winkel von 45°), welcher in ein entsprechendes Lager genau eingeschliffen ist. Solche Kegelventile sind z. B. bei a, b, c in Fig. 203. Da diese Klappen, wenn sie einen

*) S. Taf. S. 500.

Digitized by Google

bedeutenden Durchmesser haben, beim Oeffnen einen großen Aufwand von Kraft erfordern, indem der Druck des von oben auf sie wirkenden Dampfes besiegt werden muß, so hat Hornblower eine andere Art von Klappen ersonnen, welche in Fig. 213. abgebildet ist, und bei der jener nachtheilige Umstand beseitigt sein soll. Prechtl gibt folgende Beschreibung dieser Klappe. Sie besteht aus einem kurzen hohlen, am oberen Theile mittelst eines Kreuzes mit dem Stiele a verbundenen Cylinder, welcher unten auf dem festliegenden konischen Lager b, und oben an der äußeren Seite in dem konischen Lager c c aufliegt. Der Stiel a geht in der Höhlung des Bodenstücks b auf und nieder. Wenn also auf die obere Fläche dieser Klappe stärkerer Dampf drückt, so ist beim Heben des kurzen Cylinders nur der Druck auf die Fläche der beiden Auflagen zu überwinden. Diese Einrichtung ist also eigentlich eine umgekehrte gewöhnliche Klappe, bei welcher die Klappe selbst fest liegt, das Lager aber sich bewegt. Um die Schwierigkeit des dampfdichten Aufschleifens der beiden konischen Lager zu vermeiden, kann das obere Lager c weggelassen und statt desselben eine Hanfliederung angebracht werden, mittelst welcher sich der kurze Cylinder in der cylindrischen Dampfbüchse auf und nieder bewegt.

Die Schieber oder Schubventile sind zum Theil schon oben S. 491. beschrieben worden. Man hat mehrere Arten dieser Ventile. In Fig. 214. ist V ein solches Schubventil, wie es sich im Durchschnitte darstellt, das Ganze ist eine Kapsel oder ein Trog mit glatt und eben abgeschliffenem Rande. a ist der Kanal, der aus der Dampfbüchse A in den oberen Theil des Cylinders führt; b der Kanal, welcher nach dem unteren Theile des Cylinders führt; bei S tritt der Dampf aus dem Kessel ein, bei E wird derselbe ausgeführt; o ist die Stange, an welcher der Schieber befestigt und mittelst derselben hinauf und herabbewegt wird; diese Stange geht dampfdicht durch die Stopfbüchse L. Wie in der Zeichnung die Stellung angegeben ist, geht der Dampf von S durch a in den oberen Theil des Cylinders, treibt den Kolben herab, und zugleich geht der Dampf unter dem Kolben durch b, c (im Innern des Schiebers) und E fort. Nimmt dann der Schieber V die Stellung ein, welche die punktirten Linien angeben, so geht der Dampf aus S durch A und b in den unteren Theil des Cylinders, treibt den Kolben aufwärts und zugleich geht der oberhalb des Kolbens befindliche Dampf durch a, c (im Innern des Schiebers) nach E. Da der aus dem Kessel kommende Dampf von höherer Elasticität als der aus dem Cylinder entweichende ist, so wird das Schubventil stark gegen die Fläche, auf der es hin und her schiebt, angedrückt, und es entsteht dadurch eine bedeutende Reibung. Man macht deßwegen die reibenden Flächen nicht zu klein und aus hartem Metalle, Kanonengut oder gehärteten Stahlplatten; auch müssen sie sorgfältig auf einander abgeschliffen werden. Diese Einrichtung hat aber den Nachtheil, daß derjenige Dampf, welcher sich in den Kanälen a und b befindet, bei jedem Kolbenspiele verloren geht; wenn nämlich jetzt Dampf durch a in den Cylinder geht, dann das Ventil in die Höhe rückt, so befindet sich noch Dampf in a, der noch gar nicht in den Cylinder gekommen,

und bei Aufsteigung des Kolbens zuerst durch E entweicht, eben so geht nachher der Dampf in b verloren*). Deßwegen gibt man den Schiebern die Länge der Cylinder, so daß jene Kanäle fast ganz wegfallen; ein solches Schubventil ist ähnlich dem in Fig. 197., nur daß hier der aus dem Kessel kommende Dampf nicht auf die äußere Fläche des Schiebers drückt. Dadurch, daß wie in den Fig. 197. 204. 207. der Dampf aus dem Kessel bei S unter dem Schieber eintritt, ist die starke Reibung des Schubventiles vermieden. An beiden Enden befinden sich Hanfliederungen, welche das Andrücken der Enden des Schiebers an die reibende Fläche bewirken. Als eine besondere Modification der Steuerung durch Schieber kann die Steuerung durch Kolben, wie sie bei der S. 491. beschriebenen und Fig. 199. abgebildeten Dampfmaschine stattfindet, angesehen werden; sie ist übrigens leicht zu übersehen.

Eine eigene Klasse von Ventilen bilden diejenigen, bei denen eine rotirende Bewegung stattfindet. Zu diesen gehört die Drehklappe, welche eine runde Scheibe ist, die um eine in ihrer Fläche liegende und durch ihren Mittelpunkt gehende Axe beweglich ist. Sie gewährt keinen völlig dampfdichten Verschluß.

Hähne sind massive Cylinder, oder vielmehr abgestumpfte Kegel (die aber nur sehr unbedeutend an Dicke abnehmen), welche auf mannigfache Weise durchbohrt sind. Sie ruhen in Lagern, welche Durchbohrungen der mit Hähnen zu versehenden Passagen sind, und müssen völlig luftdicht an die sie umschließenden Wände sich anlegen. Je nachdem sie nun in diesen Lagern verschieden gestellt werden, stellen sie entweder die Verbindung zwischen den durch sie unterbrochenen Theilen der Passage her oder heben sie auf. Der Leupold'sche doppelt durchbohrte oder Vierweghahn ist schon S. 486. und S. 490. erwähnt worden. Bei diesen Hähnen drückt bei der Abschließung der Dampf seitwärts gegen den Hahn, und dadurch wird die Reibung des Hahnes gegen die eine Seite des Lagers (auf welcher kein Druck stattfindet) stärker, und das Lager wird mithin allmählig ausgeschliffen. Bramah bringt deßwegen seine Hähne so an, daß der untere Theil des abgestumpften Kegels in einen Cylinder ausläuft, der Dampf drückt von oben auf die breite Grundfläche des Kegels, und dieser ist konisch ausgebohrt und hat Seitenöffnungen; der ganze Kegel steht mit seiner Axe senkrecht. — S. d. Anm. unten.

Die rotirenden Scheiben sind zwei metallene Scheiben, von denen sich die eine um eine Axe bewegt, welche durch die andere hindurch geht. Beide Scheiben sind so mit Oeffnungen versehen, daß bei einer gewissen Stellung der Scheiben diese Oeffnungen in beiden Scheiben auf einander fallen, in anderen Stellungen die Scheiben ihre Oeffnun-

*) Ein ähnlicher Nachtheil findet bei den S. 490. beschriebenen und Fig. 195. abgebildeten Maschinen mit einem doppeltdurchbohrten Hahne statt; auch hier geht der bei jedem Kolbenspiele in t, a und b befindliche Dampf verloren, ein Verlust, den man bei kleinen Dampfmaschinen wohl vernachlässigen kann, der aber bei großen Maschinen bedeutend wird.

Digitized by Google

gen gegenseitig verschließen. So bewirken sie abwechselnd Sperrung und Herstellung der Dampfwege.

Von ganz besonderer Wichtigkeit sind die Sicherheitsventile. Sie haben nämlich die Bestimmung, das Platzen des Kessels zu verhüten, indem dieses mit der größten Gefahr für alle in der Nähe sich befindenden Gegenstände verbunden ist. Der Kessel wird aber platzen, wenn der Druck von innen oder von außen gegen seine Wände so stark wird, daß diese ihn nicht auszuhalten vermögen. Von außen drückt auf den Kessel die Atmosphäre, und dieser Druck wird nur dann dem Kessel nachtheilig werden können, wenn der Druck im Innern des Kessels so gering wird, daß der Druck der Atmosphäre ihn übersteigt. Dagegen kann durch den Druck von innen der Kessel zerrissen werden, wenn dieser stärker als der Druck der Atmosphäre ist, und wenn er die vom Künstler dem Kessel mitgetheilte Festigkeit übersteigt. Die Stärke des Dampfes hat man nicht unmittelbar in seiner Gewalt, weil dieselbe mit der Heftigkeit des unter dem Kessel brennenden Feuers und mit der Länge der Zeit, während welcher die Ableitungsröhre des Dampfes geschlossen bleibt, zunimmt. Die Sicherheitsventile haben nun den Zweck, die einen, wenn der Druck der Atmosphäre stärker als der Druck des Dampfes im Kessel wird, jener den Zutritt in den Kessel zu gestatten, die andern, wenn der Druck des Dampfes das Maß, auf welches die Maschine berechnet ist, übersteigt, dem Dampfe einen Ausweg in die Atmosphäre zu gestatten, so daß der Druck im Kessel nicht weiter zunimmt.

Die erste Art der Sicherheitsventile, die inneren, nämlich die, welche im Nothfalle der Atmosphäre den Zutritt gestatten sollen, bestehen in einem Kegelventile in der Fläche des Kessels, welches sich nach innen öffnen kann, und in seinem Lager dadurch gehalten wird, daß es äußerlich an den Arm eines Hebels befestigt ist, und durch ein Gewicht angedrückt wird, welches am andern Arme des Hebels angebracht ist. Das Gewicht muß so sein, daß es das Ventil in seinem Lager mit einer Kraft drückt, die ungefähr drei Pfund auf den Kreiszoll beträgt; dann wird sich das Ventil öffnen und die atmosphärische Luft in den Kessel hinein lassen, wenn der Druck der Atmosphäre um jenes Gewicht den Druck des Dampfes im Kessel übersteigt.

Die zweite Art der Sicherheitsventile sind die äußeren, welche nöthigenfalls den Dampf in die Atmosphäre entlassen sollen. Diese sind namentlich bei Dampfkesseln mit höherem Druck unumgänglich nothwendig; sie müssen mit der größten Sorgfalt ausgeführt und stets im vollkommensten Zustande erhalten werden. Ihrer Erfindung von Papin und erster Anwendung von Savery und Newkomen ist oben S. 482 und S. 483 erwähnt worden. Es ist ebenfalls ein konisches Klappenventil, welches sich aber nach außen öffnet, und das durch ein Gewicht entweder unmittelbar oder vermittelst eines Hebels niedergedrückt wird. Dieses Gewicht muß so stark sein, daß es erst dann vom Dampfe gehoben wird, wenn derselbe eine Elasticität erlangt hat, welche diejenige übersteigt, auf welche die Maschine berechnet ist. Hiernach gibt die Kreisfläche der Oeffnung, welche das Ventil schließt, multi-

Digitized by Google

plicirt mit dem höchsten Drucke, den man den Dampf im Kessel erreichen lassen will, die Größe des Gewichtes, womit man das Ventil belasten muß. Die Anwendung eines einarmigen Hebels, an dessen eines Ende das Gewicht gebracht wird, hat den Vortheil, daß man den Gesetzen des Hebels gemäß, mit einem kleinen Gewichte die Wirkung eines unmittelbar auf dem Ventile lastenden großen Gewichtes erreichen kann, daß man ferner den Druck des Gewichtes nach Umständen durch Verschiebung desselben auf der Hebelstange erhöhen und vermindern kann. Das Sicherheitsventil würde völlig unnütz werden, wenn es in der von ihm geschlossenen Oeffnung einrostete oder einleimte, daher darf man das Ventil nicht mit einer großen Fläche sich an die Wände seines Lagers legen lassen. Am passendsten ist ein Kugelventil, d. h. eine Halbkugel, welche auf dem scharfen oder nur wenig ausgedrehten Rande der Oeffnung aufliegt. Hier berührt das Ventil sein Lager fast nur in einer Linie. Für Kegelventile ist die beste Neigung der Kegelfläche die von 45 Grad. Soll das Sicherheitsventil vollkommen seinen Zweck erfüllen, so muß es so viel Dampf zu entlassen im Stande sein, daß im Kessel die bei Hebung des Ventils stattfindende Spannung nicht weiter zunehmen kann. Bezeichnet k die Anzahl der Kubikfuße Dampf aus Einem Pfund Wasser für den Druck p von innen auf den Quadratzoll, wie sie in der Tabelle (S. 447.) verzeichnet sind, für 1 Minute; bezeichnet ferner F die verdampfende Fläche des Kessels, und d den Durchmesser der Oeffnung in Zollen, so wird die erforderliche Größe der Oeffnung aus folgender Formel gefunden:

$$d^2 = 0{,}00815\ F \sqrt{\frac{k}{p}}.$$

p. bezeichnet den Druck in W. Pfunden, welchen der Dampf des Kessels auf einen Quadratzoll über den der Atmosphäre ausübt. Es sei z. B. die verdampfende Fläche des Kessels F = 100 Quadratfuß und der Druck p sei = 4,4 Pfund; so findet man k, wenn man das Gewicht der Atmosphäre in W. Pfunden auf den Quadratzoll, welches die Taf. (S. 448.) 12,732 angibt, zu 4,4 addirt, die so gefundene Zahl 17,152 (oder vielmehr die ihr am nächsten kommende Zahl), in der 5. Columne aufsucht und die rechts daneben stehende Zahl nimmt, welche hier 22,92 = k ist. Die Formel gibt also $d^2 = 0{,}00815 \cdot 100 \sqrt{\frac{22{,}92}{4{,}4}}$; woraus man d = 1,36 Zoll findet. D. h. eine Oeffnung, welche diesen Durchmesser hat, wird allen Dampf auszulassen vermögen, der bei starker Feuerung im Kessel erzeugt wird, und in dem mit einem solchen Ventile verschlossenen Kessel wird die Spannung der Dämpfe nicht höher steigen als die ist, die jenem Drucke zugehört. Hierbei ist aber vorausgesetzt, daß die Oeffnung nach Hebung des Ventiles ganz frei sei, in der That aber entsteht bei Erhebung des Ventiles nur ein Ring um die Ventilplatte, aus welchem der Dampf ausströmen kann. Man muß daher das Ventil bedeutend größer machen, damit durch den Ring eben so viel Dampf entweichen könne, als durch eine freie Oeffnung vom Durchmesser d.

Digitized by Google

Nennen wir den Durchmesser, den hiernach die Ventilöffnung erhalten muß, d′, und die Breite des Ringes m, so muß $\pi d' m = 0{,}785\, d^2$ sein*). Das Ventil muß seinen Zweck sogleich, wenn es sich zu öffnen anfängt, erfüllen; man kann daher $m = 0'',08$, oder etwa eine Linie annehmen, dann ist $d' = 3{,}1\, d^2$ Hiernach würde für das oben gegebene Beispiel der Durchmesser des Ventils 5″, 73 zu machen sein. Man kann zur größeren Sicherheit 2 und mehrere Ventile bei einem Kessel anbringen. In mehreren Fällen sind Unglücksfälle vorgefallen, weil ein unkluger und unvorsichtiger Mensch das Gewicht am Ventil verschoben oder vermehrt hat; daher ist es zweckmäßig, das Ventil mit einem Gehäuse zu umgeben. Zugleich kann aus diesem Gehäuse der aus dem Ventile entweichende Dampf durch eine Röhre in den Rauchfang geleitet werden. Ueber andere Mittel zu Erreichung desselben Zweckes, welchen die Ventile haben, s. im Folg.

Beim Kolben kommt das meiste darauf an, daß er so dampfdicht als möglich schließe, d. h. sich so eng an die Wände des Cylinders, in dem er sich bewegt, anlege, daß wo möglich gar kein Dampf zwischen Kolben und Cylinder durchdringen könne; diesem tritt sogleich der Uebelstand entgegen, daß je dichter dieser Schluß ist, desto größer auch die Reibung, also auch der durch diese entstehende Kraftverlust **) wird. Der Weg, den der Kolben im Cylinder zurücklegt, heißt ein Kolbenhub, und zwei solche Kolbenhube, der eine aufwärts, der andere abwärts, heißen ein Kolbenspiel. Der gesammte Weg, den ein Kolben in einem Cylinder während einer Minute bei seiner Bewegung zurücklegt, gibt die Geschwindigkeit des Kolbens, diese berechnet man also aus der Anzahl der Kolbenspiele des Kolbens in der Minute, sie ist diese Zahl multiplicirt mit dem doppelten Kolbenhube. Damit sich der Kolben stets senkrecht auf die Axe des Cylinders bewege, muß er eine gehörige Dicke haben. Man bestimmt dieselbe nach der Regel, daß die Kolbendicke gleich dem Durchmesser multiplicirt mit der Reibung sein soll. Da die Reibung von Messing auf Eisen im Mittel $= \frac{1}{8}$, für eine Hanfliederung $= \frac{1}{6}$ des Druckes ist, so ist demnach die Dicke des Kolbens wenigstens in jenem Falle $\frac{1}{8}$, in diesem $\frac{1}{6}$ des Durchmessers anzunehmen. Bei der atmosphärischen Dampfmaschine braucht der Natur der Sache nach die Schließung minder genau zu sein. Daher ist der Kolben bei dieser Maschine mit äußerer Condensirung eine Platte von Gußeisen, deren Durchmesser ungefähr $\frac{1}{8}$ Zoll kleiner als der des Cylinders ist, die eine Dicke von $1\frac{1}{2}$ Z. hat, und 4 Zoll von der Peripherie einen erhöhten Reifen hat. Der Rand der Scheibe ist mit Löchern versehen, und auf ihn paßt ein Ring von Eisen, welcher jenen entsprechende Löcher hat. Nun wird in Talg getränkter Hanf auf den Rand der Scheibe rings herum gelegt, darauf der eiserne Ring; durch die entsprechenden Löcher des Ringes und des Randes der Scheibe werden Schrauben gesteckt, und diese stark angezogen; auf diese Weise füllt

*) $0{,}785\, d^2 = \frac{\pi d^2}{4}$ = der der Größe der Oeffnung; und $\pi d'm$ die Fläche des Ringes.

**) S. S. 504.

die Hanfliederung den Zwischenraum zwischen Kolben und Cylinder ziemlich luftdicht aus. Dieses Mittel eine dampfdichte Schließung herzustellen, heißt, weil man sich zu Dichtung der Pumpenkolben des Leders bedient, eine Liederung. Bei Dampfmaschinen ist Leder zur Dichtung nicht anwendbar, weil dieses durch die Hitze zusammenschrumpft. Gewöhnlich bedient man sich zur Liederung bei Dampfmaschinen des Hanfes. — Fig. 215. zeigt wie der Kolben einer Hochdruckmaschine eingerichtet ist. Er besteht aus zwei metallenen Stücken (hier im Verticaldurchschnitt gezeichnet), dem unteren b, und dem oberen c, beide haben in der Mitte eine Oeffnung, in welche genau die sich nach unten konisch verdickende Kolbenstange k paßt; dieselbe wird mit einem Keile bei s befestigt. Das untere Stück b paßt nun so genau als möglich in den Cylinder, doch muß es sich noch frei in demselben auf und nieder bewegen können. Nach oben ist das Stück b indeß ausgehöhlt, so daß dort 1 bis 2 Zoll Zwischenraum zwischen Kolben und Cylinder bleiben. Dieser Zwischenraum wird mit Hanf ausgefüllt; gewöhnlich macht man lose gedrehte Seile, bindet diese zu Bändern und umwindet damit den Kolben, so daß jene Höhlung ausgefüllt wird; die Hanfbänder werden um dichter zu schließen vorher mit Talg beschmiert, und nach dem Auflegen fest eingeschlagen. Ist die Höhlung ganz erfüllt, so legt man das Deckelstück des Kolbens c auf, und zieht dasselbe mit Schrauben bei S scharf an. Dieser Deckel hat einen den Hanf überreichenden Vorsprung, daher wird dieser durch das Anschrauben des Deckels gegen die Wand des Cylinders gepreßt, reibt sich allmählig der Hanf ab, so kann man so lange als die Schrauben zulassen, diese nachziehen und so durch engeres Zusammenpressen des Hanfes die frühere Genauigkeit des Schlusses wiederherstellen; endlich aber muß die Liederung erneut werden.

Man verfertigt indeß auch Kolben, welche gar keiner Liederung bedürfen, indem man Metallringe um den Kolben legt, welche durch den Dampf und durch Federn an die Wand des Cylinders angedrückt werden. Einen derartigen metallenen Kolben von Barton stellt Fig. 216. vor, das obere ist der senkrechte, das untere der horizontale Durchschnitt des Kolbens. A ist ein massives Stück von Metall, durch welches die konisch zunehmende Kolbenstange B geht, die mittelst des Keiles bei D befestigt ist. In dieses Stück A ist rings um den Kolben eine Rinne ausgedreht, und in dieser Rinne liegen die 4 Cylindersegmente E, E, E, E, und zwischen diesen 4 Keile G, G, G, G. Diese Keile und die Segmente bestehen aus Messing, Bronce, Gußeisen, oder gehärtetem und wieder angelassenem Gußstahle. Die Keile und entsprechend der massive Theil des Kolbens haben cylindrische Aushöhlungen, in denen über einem etwas kürzeren stählernen Stifte, spiralförmig gewundene Federn liegen, durch diese werden die Keile an die Segmente gedrückt. In die Segmente ist die Rinne a zur Aufnahme der Schmiere eingedreht. Beim Gange dieses Kolbens im Cylinder dringt der Dampf selbst, wenn er von oben wirkt durch die verticale Fuge e, wenn er von unten wirkt durch die Fuge f hinter die Keile und Segmente und drückt diese gegen die Wand des Cylinders, der Druck, welchen außerdem die Federn ausüben, dient dem Drucke gegen die Cylinderwand

dasjenige Uebergewicht zu geben, daß der Dampf sich nicht zwischen Cylinder und Kolben durchpressen kann. Bei Anwendung des Dampfes von hohem Drucke, werden um den Kolben (in die Segmente) noch zwei Stahlringe eingelegt, deren Enden wie Fig. 217. zeigt, durch eine Gabel zusammengelegt sind. Die Verbindungen beider Ringe dürfen nicht über einander zu liegen kommen.

Ueberall wo die Kolbenstangen dampfdicht aus dem Cylinder treten sollen, gehen sie durch eine Stopfbüchse. Es ist eine mit Hanf oder dergl. gelieferte Büchse, so daß die Liederung den Kolben umschließt, oben auf liegt ein nach unten cylindrischer, oben napfartig ausgehöhlter Deckel, der durch Schrauben an den unteren Theil angezogen werden kann, wodurch die Liederung gegen die Stange gepreßt wird; der napfartige Theil dient zur Aufnahme von Fett.

Die hier genauer betrachteten sind die wesentlichen Theile der Dampfmaschine, die übrigen Theile derselben, welche sich auf die weitere Anwendung der Maschine beziehen, können hier nicht mit gleicher Genauigkeit betrachtet werden, sie kommen entweder in besonderen Artikeln vor, oder gehören der Technologie an. Die meisten Maschinen sind zu Fortsetzung und weiterer Benutzung der Bewegung mit einem Balancier versehen, einem großen Hebel, an dessen einem Arme die Dampfmaschine mittelst der Kolbenstange wirkt, dessen anderes Ende entweder wie in Fig. 193. mit der Kolbenstange einer Wasserpumpe in Verbindung steht, oder ein Rad mittelst einer Kurbel dreht, welches die weitere Maschinerie in Bewegung setzt. Bei andern Maschinen findet sich kein Balancier, sondern die Kolbenstange setzt selbst das Rad in Bewegung, ein Mechanismus, der vielfach abgeändert werden kann, ohne daß dadurch das Wesen der Maschine selbst einige Veränderung erleidet. Durch Watt wurde das Schwungrad in Anwendung gebracht. Es hat meist ein sehr großes Gewicht, bei großen Maschinen gegen 20000 Pfund. Das Gewicht desselben wird nach Murray und Wood so bestimmt, daß die Anzahl der Pferdekräfte der Maschine mit 2000 multiplicirt, und durch das Quadrat der Geschwindigkeit seiner Peripherie dividirt wird. Man hat ferner Vorrichtungen, welche die Regulirung des Ganges der Maschine betreffen. In dieser Absicht bringt man im Dampfzuleitungsrohre eine Drehklappe oder ein Klappenventil an, welches, wenn die Maschine langsamer gehen soll mehr geschlossen, wenn sie schneller gehen soll mehr geöffnet wird. Um dieses Oeffnen und Schließen von selbst vollziehen zu lassen, bedient man sich des konischen Pendels (s. Pendel, konisches).

Um nach Bedürfniß das Feuer verstärken oder schwächen zu können, muß man den Druck des Dampfes im Kessel kennen, seine etwaige Vermehrung und Verminderung. Hierzu bedient man sich des Quecksilbervisirs, welches eine zweischenklige, durchgängig gleich weite, eiserne Röhre ist, die oben mit einem Gefäße versehen und mit Quecksilber gefüllt ist. Mit dem anderen offenen Ende mündet sie in den Kessel, so daß der Dampf auf das Quecksilber drückt, und dieses mit Vermehrung des Dampfdruckes im Gefäße der Röhre steigt oder

Digitized by Google

sinkt. Dieses Steigen oder Sinken wird durch einen Schwimmer an der Scala angezeigt. — Mittelst eines durch eine Stopfbüchse in den Kessel gesenkten Thermometers kann man die Temperatur und aus dieser die Elasticität des Dampfes kennen lernen. Auch eines Manometers kann man sich in gleicher Absicht bedienen. Der Druck des Dampfes wird durch die Zusammendrückung der Luft gemessen, nach dem Gesetze, daß der Raum, in den die Luft zusammengedrückt wird, sich umgekehrt verhält, wie der diese Zusammenpressung bewirkende Druck.

Um den Grad der Condensirung kennen zu lernen, versieht man den Condensator mit einer Barometerprobe, ein gewöhnliches Gefäßbarometer, welches oben offen ist und in eine Röhre mündet, die mit dem Condensator in Verbindung steht; oder man bedient sich einer dem oben angegebenen Queckſilbervisire ähnlichen Vorrichtung; die Verbindungsröhre mit dem Condensator wird durch einen Hahn unterbrochen, den man, sobald beobachtet werden soll, allmählich und wenig öffnet, um die sonst sehr starken Schwankungen des Queckſilbers zu vermeiden. Man kann auch eine oben geschlossene Heberbarometerröhre, deren kürzeres Ende in die mit dem Condensator in Verbindung stehende Röhre mündet, anbringen.

Zu Messung des Druckes des Dampfes im Cylinder bedient man sich eines Instrumentes, Indicator genannt, dessen Gebrauch zuerst Watt eingeführt hat. Tredgold gibt folgende Beschreibung desselben. Es besteht in einem Cylinder von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser und etwa $7\frac{1}{2}$ bis 8 Zoll Länge, der vollständig calibrirt ist, und in den ein massiver Kolben genau paßt, so daß dieser mit Hilfe eines fetten Körpers sich mit Leichtigkeit im Cylinder bewegt. Die Stange des Kolbens wird in der Richtung der Axe des Cylinders geführt. Ein Hahn B dient dazu die Communicationsröhre zu schließen (s. d. Fig. 218. und Fig. 219.). Der Cylinder des Indicators C ist durch Schrauben an den Ständer D befestigt, welcher den Rahmen EE trägt. Dieser ist 14 Zoll lang und 7 Zoll hoch, und sein oberes und unteres Querstück können die Schiebtafel K aufnehmen. Die Kolbenstange G hat ungefähr $\frac{5}{8}$ Zoll im Durchmesser und eine Länge von 16 Zoll, und wird durch die Leitung II geführt, die an dem Ständer D befestigt ist, ungefähr 6 Zoll über dem Rande des Cylinders. Eine Spiralfeder I ist unten an den Kolben F und oben an die Leitung II befestigt. Im Zustande der Ruhe ist sie ungefähr 7 Zoll lang, und ihre Stärke ist so groß, daß wenn der Kolben mit 1 Pfund engl. auf jeden Quadratzoll seiner Fläche belastet wird, derselbe etwa bis auf 1 Zoll von dem Boden des Cylinders C niedergedrückt wird, und die Feder muß können bis auf $1\frac{1}{2}$ Zoll zusammengedrückt werden. Die Tafel K bewegt sich in den Fugen des Rahmens EE und muß 7 Zoll im Quadrat haben; in einer bestimmten Höhe muß man auf die Kolbenstange einen kleinen kupfernen Laufer L mit Hilfe einer Stellschraube befestigen. An der andern Seite ist ein Endchen Bleistift angebracht,

Digitized by Google

mit einer kleinen Feder, um es gegen die Oberfläche der Tafel K zu drücken. Diese wird durch ein Gewicht N, welches an eine Schnur befestigt ist, die über eine Rolle geht, in Bewegung gesetzt. Die im entgegengesetzten Sinne wirkende Schnur O ist an einem passenden Punkte der parallelen Bewegung des Balanciers befestigt, so daß bei jedem Kolbenhube der Maschine die Schiebtafel K einen Raum von ungefähr $5\frac{1}{2}$ Zoll durchlauft.

Wird nun der Hahn B geöffnet, so wird dadurch der Cylinder der Maschine mit dem Cylinder des Indicators in Verbindung gesetzt. Wenn die Kraft des Dampfes im Cylinder den Druck der Atmosphäre übersteigt, so steigt der Kolben F, wenn derselbe geringer ist, so sinkt er. Der Indicator wird sich folglich erheben, wenn das Dampfventil geöffnet ist, und er wird bis zu einer Höhe sich erheben, welche der Kraft des Dampfes im Cylinder während des Verlaufs eines Kolbenspieles entspricht. Wenn das Ausgangsventil sich öffnet, sinkt er, und an der Schnelligkeit und an dem Grade des Sinkens kann man den Stand der Leere im Condensator erkennen. Während der Bewegung des Kolben F bewegt sich die Schiebtafel horizontal, und der Bleistift L zeichnet auf die Tafel K oder ein darüber gelegtes Papier eine krumme Linie PQRS. PQ wird während des Niederganges des Kolbens beschrieben; bei Q tritt die Condensirung ein; der Kolben bewegt sich schnell nieder, und beschreibt während des Aufganges des Kolbens die Linie RS; bei S findet die neue Zulassung des Dampfes statt, dessen Druck die Linie SP angibt; der Kolben geht wieder nieder, indem er die Linie PQ beschreibt u. s. w. Findet die Absperrung des Dampfes statt (wie bei der Maschine S. 498.) und diese tritt bei C ein, so erhält die krumme Linie die mit den punktirten Linien angegebene Gestalt. Die Fläche PQRS ist der Kraft des Dampfes auf den Kolben während Eines Kolbenspieles proportional. Bezeichnet p die Anzahl Pfunde Belastung auf den Kreiszoll des Indicatorkolbens, wodurch dieser um d Zolle niedergedrückt wird, und m die Länge der Linie ab in Zollen auf der Figur gemessen, so ist $\frac{mp}{d}$ = dem Drucke des Dampfes in Pfunden auf den Kreiszoll an dem Punkte a des Niederganges des Kolbens. Wenn also einem Versuche zufolge 2 Pfunde auf den Kreiszoll des Indicatorkolbens diesen um einen Zoll niederdrückten, so ist $\frac{mp}{d} = 2m$, oder jeder Zoll des Indicators entspricht einem Drucke des Dampfes im Cylinder von 2 Pfunden auf den Kreiszoll. — Theilt man den Weg, den die Tafel in ihrer horizontalen Bewegung durchläuft, in gleiche Theile, mißt aus jedem solchen Theilpunkte die senkrechte Entfernung zwischen den Linien PQ und RS, und dividirt die Summe dieser Entfernungen weniger der halben Entfernung PS durch die Anzahl der Theilungen; so erhält man die mittlere Entfernung zwischen den genannten Linien, und wenn diese Ent-

Digitized by Google

fernung mit m bezeichnet wird, so ist $\frac{mp}{d}$ = dem mittleren Drucke des Dampfes auf den Kolben während eines Auf- oder Niederganges desselben im Cylinder. Vermittelst dieses Instrumentes kann also der Gang der Maschine durch die Wirkung des Dampfes im Cylinder in jedem Zeitpunkte des Hubes, die Wirkung der Condensation, und das richtige Spiel der Ventile beobachtet und mit dem Nutzeffecte verglichen werden.

Dieser der Nutzeffect der Maschine läßt sich durch Rechnung, wie im Vorhergehenden gezeigt worden, vorher bestimmen, dabei ist aber vorausgesetzt, daß alle Theile der Maschine den angenommenen Grad von Vollkommenheit besitzen, daß kein Versehen bei Beurtheilung der Leistungen vorgegangen, daß keine andere Kraftverluste, als die in Rechnung gebrachten, stattfinden; es ist also nöthig, ein Mittel zu haben, den Nutzeffect der Maschine auch erfahrungsmäßig beobachten zu können, damit, falls dieser beobachtete tief unter dem berechneten stehen sollte, die nöthigen Verbesserungen an der Maschine vorgenommen werden können. Eine zu dieser Beobachtung dienliche Vorrichtung beschreibt Prechtl nach Tredgold. S. Fig. 220.

C ist ein senkrechter Durchschnitt des von der Maschine umgedrehten Wellbaumes, oder eine auf der Welle des Schwungrades befestigte Scheibe. AB ist ein Hebel, dessen eines Ende B, wie die Fig. zeigt, mit einer Bremse versehen ist, die mittelst der Schraube B so weit angezogen wird, bis sich durch die am anderen Ende A allmählig zugelegten Gewichte der Hebel in der horizontalen Lage erhält, wenn die Maschine mit derselben Geschwindigkeit sich bewegt, nachdem vorher die Welle von der übrigen Maschinerie, die zu betreiben war, ausgerückt worden ist. Der Zapfen D dient dazu, um das Ueberschlagen des Hebels AB zu verhindern, bis das Gewicht groß genug geworden ist, um dessen horizontale Lage zu erhalten. In diesem Falle ist die durch die Bremse verursachte Reibung der Last gleich, welche bei derselben Geschwindigkeit von der Maschine in Bewegung gesetzt wird. Es sei CF oder die Länge des Hebelarmes, an welchem das Gewicht wirkt, = l in Fußen; das Gewicht E = p in Pfunden; der Halbmesser der Welle = r, die Anzahl der Umdrehungen derselben in 1 Minute = n, also die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Umfang derselben bewegt = 2 . 3,14 rn = 6,28 rn; der Druck oder die Reibung, welchen das Gewicht p auf den Umfang der Welle ausübt, ist = $\frac{lp}{r}$; folglich das mechanische Moment = 6,28 nlp in Pfunden auf 1 Fuß in 1 Minute gehoben. Z. B. die Welle mache 25 Umdrehungen in der Minute; l sei = 10 Fuß, und p = 240 Pfund, so ist das Moment = 6,28 . 25 . 10 . 240 = 376990 Pfund in 1 Min. auf 1 F. gehoben.

Da man vor Erfindung der Dampfmaschinen sich der Pferde bediente, um viele Maschinerien in Bewegung zu setzen, die jetzt durch

die Dampfmaschinen betrieben werden, so bestimmten zuerst Boulton und Watt die Leistung ihrer Maschinen nach Pferdekräften, d. h. sie gaben die nutzbare Kraft ihrer Maschinen in der Art an, daß sie sagten, eine wie große Anzahl von Pferden (bei achtstündiger Tagesarbeit) erforderlich wäre, um dasselbe zu leisten, was eine bestimmte Maschine leistete. Watt nahm an, daß ein Pferd mit einer Geschwindigkeit von $2\frac{1}{2}$ engl. Meilen in Einer Stunde 150 Pfund bewege, welches so viel wäre, als 33000 Pfd. engl. in 1 Min. auf 1 F. engl. gehoben. Man darf also nur die Anzahl von Pfunden engl. in 1 Min. auf 1 F. engl. gehoben, mit 33000 dividiren, so erhält man die Anzahl von Pferdekräften der Maschine. Nach W. Pfunden beträgt eine Pferdekraft 25500 Pf. W in 1 Min. auf 1 F. W. gehoben. Hiernach ist die Wirkung

der S. 490. angegebenen Hochdruckmaschine $= \frac{349650}{25500} = 13{,}7$ Pferdekr.

der S. 491. ang. Hochdr. M. mit Expansion $= \frac{223090}{25500} = 8{,}7$ "

der S. 496. ang. atmosphärischen Maschine $= \frac{487800}{25500} = 19$ "

der S. 496. ang. Watt'schen M. einf. W. $= \frac{527400}{25500} = 20{,}7$ "

der S. 497. ang. W. M. einf. W. mit Exp. $= \frac{497700}{25500} = 19{,}5$ "

der S. 497. ang. W. M. doppelter Wirk. $= \frac{1123200}{25500} = 44$ "

der S. 498. ang. W. M. dopp. W. mit Exp. $= \frac{751090}{25500} = 29{,}5$ "

der S. 498. ang. Hornbl. Maschine $= \frac{443930}{25500} = 17{,}4$ "

Die hier durch 25500 dividirten Zahlenbestimmungen sind diejenigen, welche sich für jede dieser Maschinen, als Wirkungen in Pfunden Wien. auf Ein Fuß in Einer Minute gehoben, aus den Berechnungen ergeben haben, wie diese mit Berücksichtigung der Kraftverluste auf den Seiten 508 bis 516 mitgetheilt worden sind.

Da hierbei angenommen ist, daß ein Pferd 8 Stunden des Tages arbeite, eine Dampfmaschine aber 24 d. i. 3 . 8 Stunden arbeiten kann, so ersetzt jede Dampfmaschine dreimal so viel Pferde, als ihre Stärke in Pferdekräften berechnet gibt; eine Dampfmaschine von 20 Pferdekräften z. B. ersetzt 60 Pferde. Es ist übrigens noch zu bemerken, daß die Annahme einer Pferdekraft zu 25500 Pfund auf 1 Fuß in 1 Min. etwas zu groß ist, genauer die Annahme (nach Prechtl) zu 24000 Pf. auf 1 F. in 1 Min. gehoben ist.

Digitized by Google

Zur Uebersicht der Verhältnisse der Theile der Dampfmaschinen von einfacher und doppelter Wirkung, der sich ergebenden Wirkung, des nöthigen Aufwandes an Feuerung u. s. w. theile ich noch die nachstehende Tabelle von Tredgold, auf die allgemein bekannten französischen Maße reducirt von Mellet, mit.

Die Pferdekraft ist angenommen zu 4500 Kilogrammes auf 1 Metre in der Minute gehoben, welches ungefähr der Annahme von 25500 W. Pf. auf 1 F. in 1 Min. gehoben gleichkommt. Die elastische Kraft des Dampfes in dem Kessel ist zu 90 Centim. Queckſilbersäule angenommen, = 34, 1 W. Z., also nach Taf. (S. 448.) bei einer Temperatur von 84° R. oder 15,121 W. Pf. auf den Quadratzoll, also gegen 3 W. Pf. über den Druck der Atmosphäre.

Digitized by Google

I. Dampfmaschinen mit

Maschinen, bei denen der Dampf durch Expansion wirkt.

Anzahl der Pferdekräfte.	Durchmesser des Kolbens in Centimet.	Mittlerer Druck auf den Kolben in Kilogr. nach der Annahme von 0 kil, 39 auf den Kreis-Centim.	Geschwindigkeit des Kolbens in Metern in der Minute.	Länge des Kolbenhubes in Metern.
10	67	1750	53	1,34
15	78,5	2400	56	1,57
20	88,5	3050	59	1,77
25	97	3660	61,5	1,94
30	104,5	4250	63,5	2,09
35	111	4800	65,5	2,22
40	117	5320	67,5	2,34
45	122,5	5860	69	2,45
50	127	6300	71	2,54
55	132	6800	73	2,64
60	137	7311	74	2,74
65	141,5	7800	75	2,83
70	146	8300	76	2,92
75	150	8800	77	2,93
80	154	9280	78	3,08
85	158	9720	78,5	3,16
90	161	10111	80	3,22
100	168	11003	82	3,36
120	181	12800	84,5	3,62
140	192	14401	87,5	3,84
160	203	16100	89	4,06
180	213	17700	91,5	4,26
200	222	19200	94	4,44
210	225	19800	95	4,50

einfacher Wirkung.

Maschinen, bei denen der Dampf durch Expansion wirkt.				Wenn der Dampf während des ganzen Hubes mit vollem Drucke wirkt.	
Anzahl der Pferdekräfte.	Anzahl der Kolbenspiele in der Minute.	Wassermenge in Hektolitern, welche in der Stunde dem Kessel zugeführt wird.	Anzahl der in Einer Stunde verbrauchten Kilogram. Kohle.	Anzahl der Pferdekräfte.	Anzahl der in Einer Stunde verbrauchten Kilogram. Kohle.
10	19¾	3,13	52	11,2	69
15	18	4,38	74,5	16,8	100
20	16¾	6,30	96,5	22,5	129
25	16	7,34	116	28	155
30	15¼	9,42	139	33,5	186
35	14¾	11,04	161	39,2	215
40	14½	12,59	182	45	243
45	14	14,15	204	50,5	272
50	14	15,70	226	56	303
55	14	17,32	250	62	333
60	13¾	18,90	272	67	362
65	13¼	20,40	294	73	392
70	13	22,07	318	78	426
75	12¾	23,57	340	84	453
80	12¾	25,09	363	89	486
85	12½	26,74	385	95	516
90	12½	28,30	408	101	544
100	12	31,41	453	112	602
120	11¾	37,64	540	134	725
140	11½	44,00	636	157	843
160	11	50,37	726	179	969
180	10¾	56,60	815	201	1087
200	10¾	62,82	905	224	1200
210	10½	65,96	950	235	1260

Digitized by Google

II. Dampfmaschinen mit

Maschinen, bei denen der Dampf durch Expansion wirkt.

Anzahl der Pferdekräfte.	Durchmesser des Kolbens in Centimetres.	Mittlerer Druck auf den Kolben in Kilogrammes nach der Annahme von $\frac{1}{2}$ Kil. auf den Kreis-Centimetre.	Geschwindigkeit des Kolbens in Metres in der Minute.	Länge des Kolbenhubes in Metres.
1	20	133	34	0,40
2	26,0	225	40	0,52
3	30,5	310	43,5	0,61
4	34,0	400	45	0,69
5	38,0	480	47	0,76
6	40,5	537	50	0,81
7	43,0	615	51	0,86
8	45,5	688	52	0,91
9	47,5	750	54	0,95
10	49,5	815	55	0,99
12	53,5	950	57	1,07
14	56,5	1060	58	1,13
16	60,0	1200	60	1,20
18	63,0	1320	61	1,26
20	65,5	1430	63	1,31
22	68,0	1540	64	1,36
24	70,5	1640	66	1,41
26	72,5	1750	67	1,45
28	75,0	1875	67	1,50
30	77,0	1980	68	1,54
32	79,0	2080	69	1,58
34	81,0	2187	70	1,62
36	82,5	2260	71	1,65
38	84,5	2380	72	1,69
40	86,5	2500	72	1,73
42	88,0	2580	73	1,76
44	89,5	2670	74	1,79
46	91,5	2790	74	1,83
48	93,0	2880	75	1,86
50	95,0	2970	76	1,89
52	96,0	3072	76	1,92
54	97,5	3160	77	1,95
56	98,5	3234	78	1,97
58	100	3333	78	2,00

Digitized by Google

Maschinen, bei denen der Dampf durch Expansion wirkt.				Wenn der Dampf während des ganzen Hubes mit vollem Drucke wirkt.	
Anzahl der Pferdekräfte.	Anzahl der Kolbenspiele in der Minute.	Wassermenge in Hectolitern, welche in der Stunde dem Kesselzugeführt wird.	Anzahl der in Einer Stunde verbrauchten Kilogramm. Kohlen.	Anzahl der Pferdekräfte.	Anzahl der in einer Stunde verbrauchten Kilogrammes Kohlen.
1	44	0,226	6,8	1,16	14,2
2	38,5	0,445	10,4	2,95	21,7
3	35	0,67	13,8	4,4	29
4	33	0,88	17,2	5,9	36
5	31	1,11	20,4	7,4	43
6	31	1,33	24	8,85	50
7	29,5	1,56	27	10,3	57
8	28,5	1,79	30	11,8	63
9	28,5	2,00	33	13,3	69
10	27,75	2,21	36	14,6	74
12	26,5	2,66	43	17,7	88
14	25,5	3,12	49	20,7	104
16	25	3,57	55	23,6	116
18	24,25	4,00	61	26,5	128
20	24	4,45	67	29,5	141
22	23,5	4,90	74	32,5	154
24	23,5	5,33	80	35,5	158
26	23	5,79	86	38,4	179
28	22,3	6,24	92	41,3	193
30	22	6,67	98	44,2	204
32	21,75	7,12	104	47,3	217
34	21,5	7,58	110	50	231
36	21,5	8,03	116	53	242
38	21,25	8,43	122	56	254
40	20,75	8,91	128	59	269
42	20,75	9,36	135	62	282
44	20,5	9,79	141	65	295
46	20,25	10,27	147	67,5	308
48	20	10,70	153	70,5	321
50	19,75	11,15	160	73,5	335
52	19,75	11,55	166	76,4	348
54	19,75	12,03	173	79,3	361
56	19,75	12,49	179	82,2	375
58	19,5	12,88	185	85,1	385

Digitized by Google

II. Dampfmaschinen mit

Maschinen, bei denen der Dampf durch Expansion wirkt.

Anzahl der Pferdekräfte.	Durchmesser des Kolbens in Centim.	Mittlerer Druck auf den Kolben in Kilogrammes nach der Annahme von $\frac{1}{2}$ Kil. auf den Kreis-Centimetre.	Geschwindigkeit des Kolbens in Metres in der Minute.	Länge des Kolbenhubes in Metres.
60	101,5	3434	79	2,03
62	103	3536	79	2,06
64	104	3605	80	2,08
66	105,5	3710	80	2,11
68	107	3816	80	2,14
70	108	3887	81	2,16
72	109	3960	81,5	2,18
74	110,5	4070	82	2,21
76	111,5	4144	82,5	2,23
78	113	4256	82,5	2,26
80	114	4332	83	2,28
85	116,5	4524	84,5	2,33
90	119,5	4771	86	2,39
95	122	4961	86	2,44
100	124,5	5167	87	2,49
105	127	5366	88	2,54
110	129,5	5590	89	2,59
115	131	5720	90	2,62
120	134	5985	90,5	2,68
125	136	6165	91	2,72
130	138	6348	91	2,76
135	140,5	6580	92,5	2,81
140	142,5	6768	93	2,85
145	144,5	6960	93,5	2,89
150	146,5	7160	94	2,93
155	148,5	7350	95	2,97
160	150	7500	96	3,00
175	156	8112	97	3,12
180	157,5	8269	98	3,15
200	165	9074	99	3,30

Digitized by Google

doppelter Wirkung.

Maschinen, bei denen der Dampf durch Expansion wirkt.				Wenn der Dampf während des ganzen Hubes mit vollem Drucke wirkt.	
Anzahl der Pferdekräfte.	Anzahl der Kolbenspiele in der Minute.	Wassermenge in Hektolitern, welche in der Stunde dem Kessel zugeführt wird.	Anzahl der in Einer Stunde verbrauchten Kilogrammes Kohlen.	Anzahl der Pferdekräfte.	Anzahl der in Einer Stunde verbrauchten Kilogramm. Kohlen.
60	19,5	13,34	192	88,1	402
62	19	13,79	198	91	415
64	19	14,25	205	93,9	429
66	19	14,70	211	96,8	442
68	18,75	15,15	218	99,7	455
70	18,75	15,61	224	102,7	469
72	18,75	16,06	231	105,6	482
74	18,5	16,49	233	108,5	496
76	18,5	16,23	244	111,4	509
78	18,25	17,45	251	114,3	522
80	18,25	17,74	255	117,3	535
85	18	18,87	271	124,6	569
90	18	20,01	288	131,9	602
95	17,5	20,12	303	139,2	636
100	17,5	22,26	319	146	670
105	17,25	23,00	335	153,3	703
110	17,25	24,41	351	161,6	737
115	17	25,52	366	167,9	770
120	17	26,62	382	175,2	804
125	16,75	27,73	398	182,5	837
130	16,5	28,77	414	189,8	870
135	16,5	29,89	442	197,1	904
140	16,25	31,08	447	204,4	937
145	16,25	32,19	463	211,7	971
150	16	33,20	478	219	1004
155	16	34,40	494	226,3	1038
160	16	35,54	511	233,6	1071
175	15,5	36,37	526	240,9	1104
180	15,5	37,78	542	248,4	1138
200	15	42,40	638	292	1339

Digitized by Google

Alle diejenigen Maschinen, von denen bisher die Rede gewesen, waren Kolbenmaschinen, d. h. der Dampf setzte die Maschine dadurch in Bewegung, daß er Druck gegen einen Kolben ausübte. Zu diesen Kolbenmaschinen sind auch zum Theil diejenigen Maschinen zu rechnen, die man erdacht hat, um durch den Dampf ohne weitere Vorrichtungen eine Radbewegung zu erzeugen, welches allerdings schon darum als eine sehr vortheilhafte Methode überall da erscheint, wo man Kreisbewegung nöthig hat, weil man durch die Verwandlung der geradlinigen Kolbenbewegung in eine Kreisbewegung vielen Verlust an Kraft erleidet. Diese Maschinen sind die Rotationsmaschinen, deren schon oben S. 489. Erwähnung gethan wurde. Der erste, der den Gedanken an Rotationsmaschinen faßte und eine solche auszuführen versuchte, war nach S. 488. Watt. Fig. 221. stellt einen Durchschnitt der von diesem berühmten Mechaniker angegebenen Maschine dar. EE ist die Wand des cylinderförmigen Gehäuses, welches feststeht, und in das durch den Kanal H der Dampf eintritt und durch K nach dem Condensator austritt. D ist ein Durchschnitt der Welle, welche in rotirende Bewegung gesetzt werden soll. An dieser befindet sich der Flügel A, welcher als Kolben zu betrachten ist, und der mit seinem Ende dampfdicht an die Wand des Cylinders schließt, deßhalb auch mit einer Liederung versehen ist. B ist eine oben am Cylinder um ein Charnier bewegliche Klappe, die mit dem anderen Ende (welches ebenfalls eine Liederung hat), auf der Welle D aufliegt. Die Wand des Cylinders ist so geformt, daß die Klappe E sich in ihr Lager a so legen kann, daß dadurch die innere Cylinderfläche hergestellt, und zugleich der Kanal H geschlossen wird. Bei H dringt der Dampf ein, drückt die Klappe B an A herunter, und den Kolben A in der Richtung des Pfeiles fort, bis derselbe hinter die Mündung der Röhre K kommt, dann wird der Dampf hinter ihm condensirt; noch ehe dieß aber geschieht, drückt der Kolben A die Klappe B zu, so daß diese den Dampfkanal H schließt, u. s. f. Die Schwierigkeit, welche sich dieser Maschine entgegensetzt, ist namentlich die Unmöglichkeit, eine vollkommene Absperrung des Dampfes, eine genaue Schließung des Kolbens A an die Cylinderwand und der Klappe B an die Welle zu bewerkstelligen.

Eine mit der Watt'schen Aehnlichkeit habende Rotationsmaschine ist die von Stiles construirte, die wirklich ausgeführt worden ist, und ein Dampfschiff in Nordamerika getrieben hat. Fig. 222. zeigt einen Durchschnitt dieser Maschine. Sie besteht aus 2 Cylindern, von denen der äußere fest steht, der innere aber um die Welle S beweglich ist, an welcher sich äußerlich auch die Räder, welche das Schiff treiben, befinden. Der äußere Cylinder hat zwei Kanäle, von denen der eine D den Dampf einführt, der andere D' denselben abführt. Zwischen beiden Cylindern ist der Dampfraum in ringförmiger Gestalt, indem der innere Cylinder mit seinen Enden dampfdicht an die ebenen Wände des äußeren Cylinders schließt; uu ist ein erhöhtes Stück, welches an die Endplatten des Cylinders angeschraubt ist, und das die Bestimmung hat, die Klappen oder Flügel II aufzudrücken. Diese Flügel haben deßwegen Daumen tt, welche durch Stopfbüchsen in das Innere des

Digitized by Google

kleinern Cylinders treten; bei m sind die Charniere, um welche sich die Flügel bewegen. Ein wesentlicher Theil der Maschine ist nun noch das massive Stück LL, welches an den inneren Cylinder dampfdicht schließt, deßwegen auch mit einer Liederung versehen ist, die durch Schrauben angezogen werden kann. Vor diesem Stücke LL befindet sich an jeder Endplatte des äußeren Cylinders eine keilförmige Hervorragung u', bestimmt, die Flügel II niederzulegen. Diese Flügel haben nämlich im Cylinder ein Lager, in welches sie so vollkommen passen, daß sie niedergelegt, nur einen Theil der Cylinderfläche ausmachen. Diese Flügel II sind als Kolben der Maschine zu betrachten.

Nun tritt der Dampf durch D aus dem Kessel zwischen beide Cylinder, und drückt, weil er auf der Seite von LL nicht entweichen kann, gegen einen der Flügel I, welcher geöffnet ist, und gegen die Wand des äußeren Cylinders durch den Dampf selbst gedrückt wird. Indeß stößt der bis dahin eingelegte andere Flügel I mit seinem Daumen t an das Stück uu und wird von diesem aufgedrückt, indem der Daumen t über die Oberfläche uu hingeht. Ist dieser zweite Flügel I aufgeschlagen, so drückt nun der Dampf gegen diesen; der andere Flügel I kommt an die keilförmigen Stücke u' und wird durch dieselben niedergelegt, geht unter LL fort u. s. w. Der benutzte Dampf wird durch D' in den Condensator geleitet. Die Seitenkanten des inneren Cylinders, so wie die Flügel II, da wo sie an den äußeren Cylinder schließen, sind mit Liederung versehen.

Es sind außer den eben angeführten noch eine Menge anderer, zum Theil sinnreicher Constructionen angegeben, aber die meisten nur im Modell ausgeführt worden, und es ergibt sich bei denselben kein Gewinn, der ihre Ausführung empföhle.

Zu Anfang des Artikels ist die Savery'sche Maschine angeführt worden, welche keinen Kolben hat, und ihre Construction ist so leicht, daß sie auch ohne Figur verständlich sein wird. Bei dieser Maschine, wie sie Savery herstellt, wurde der Dampf im Cylinder durch Begießen der Außenseite des Cylinders mit kaltem Wasser bewirkt; man hat später die nahe liegende Verbesserung angebracht, durch Einspritzung von kaltem Wasser in das Innere des Cylinders den Dampf zu condensiren. Zur Hebung von kaltem Wasser, wozu die Maschine anfangs bestimmt war, wird sie nach den später erfundenen Maschinen nicht angewendet werden, weil durch die unmittelbare Berührung, in die das kalte Wasser mit dem Dampfe tritt, dieser so lange, bis die Wände des Cylinders und die obern Schichten des Wassers die Temperatur des Dampfes angenommen haben, condensirt, und daher ein unverhältnißmäßiger Aufwand von Dampf und Feuerungsmaterial bewirkt wird. Man kann diesem Uebelstande einigermaßen abhelfen, wenn man auf das Wasser in denselben eine Schicht Oel bringt, wo dann die Ausleerung des Cylinders aber nicht völlig stattfinden darf.

Vortheilhafter aber ist diese Maschine in allen Fällen, wo die zu hebende Flüssigkeit nicht kalt, sondern warm oder heiß ist, dann ist sie allen anderen Dampfmaschinen vorzuziehen, und so empfiehlt sie sich na-

Digitized by Google

mentlich zur Anbringung in Brauereien, Färbereien, Zuckersiedereien u. s. w.

Eine andere Maschine ohne Kolben, wo der Dampf nur durch Condensirung und der Druck der Atmosphäre wirken, ist die von Keir ausgeführte, stellt Fig. 223. vor. F ist der Wasserbehälter, aus dem das Wasser in den oberen Behälter G gehoben werden soll, und unter diesem befindet sich das oberschlächtige Rad IK, welches durch das Wasser aus G getrieben werden soll. In dem Wasserbehälter F steht die Röhre DE, welche bei d mit einer Klappe versehen ist, die das Wasser wohl in der Röhre hinauf, aber nicht herunter läßt. Aus dieser Röhre führt eine andere Röhre e in den Behälter G, welche mit einer Klappe verschlossen ist, die das Zurückfließen des Wassers aus G in die Röhre hindert. C ist die auf der Röhre stehende Dampfbüchse, an deren unterem Ende das Klappenventil a sich befindet, welches an eine gezähnte Stange befestigt ist, in deren Zähne ein gezähnter Sector c eingreift, welcher an einer Axe sitzt, die mit der Steuerung der Maschine in Verbindung steht; durch diesen Sector wird nun die Dampfklappe abwechselnd zu gehöriger Zeit geöffnet und geschlossen; b ist der aus dem Kessel kommende Dampfkanal; i ist ein Kanal, welches geöffnet Luft in die Röhre treten läßt. Das Rad IK ruht auf dem Lager L und hat am Ende seiner Axe eine Scheibe f mit Daumen, die sowohl in horizontaler als verticaler Richtung stehen. Diese Scheibe drückt bei der Umdrehung auf Hebel, welche mit den Ventilen a und i und dem Injectionshahne in Verbindung stehen, und diese öffnen und schließen; sie heißt deßwegen die Steuerungsscheibe. Der Injectionshahn spritzt kaltes Wasser in die Röhre DE, wenn sie zum Theile mit Dampf gefüllt ist, und bewirkt dadurch die Condensirung; er ist in der Fig. nicht zu sehen. Gesetzt nun, die Maschine sollte erst in Gang gebracht werden, es befinde sich also in der Röhre DE Luft. Dann hebt man die Klappe a in die Höhe, so daß Dampf in die Röhre tritt, diese vertreibt einen Theil der Luft durch die Klappe der Röhre e, man öffnet den Injectionshahn, dadurch wird der Dampf condensirt, es steigt, weil der Druck der Atmosphäre stärker geworden als der Gegendruck in der Röhre DE, Wasser bis zu einer gewissen Höhe, nämlich bis die Luft in der Röhre wieder eine der Atmosphäre entsprechende Spannung erhalten hat. Nun läßt man wieder Dampf in die Röhre, vertreibt so wieder einen Theil der in der Röhre noch enthaltenen Luft durch die Klappe der Röhre e, condensirt wieder, das Wasser steigt höher in DE und so fort, bis es endlich bis über H in die Gegend von D gestiegen ist; läßt man dann wieder Dampf ein, so entweicht das Wasser zwischen D und H durch die Röhre e, und steigt nach der Condensirung immer wieder; ist erst das Rad IK in Bewegung gesetzt, so steuert sich die Maschine selbst und man hat nur noch auf den Feuerherd und den Kessel sein Augenmerk zu richten. Kurz ehe der Dampf durch die Klappe a eintritt, öffnet sich das Ventil i und läßt etwas Luft in die Röhre DH; diese Einrichtung hat Keir getroffen, weil er dadurch eine bedeutende Ersparung an Brennmaterial gewonnen hat, und Prechtl meint, diese Luft bilde zwischen Dampf und Wasser eine Zwischenlage,

Digitized by Google

und vermindere so die unnütze Condensirung des Dampfes an der Oberfläche des Wassers. Es läßt sich jedoch nicht wohl denken, daß die Luft, wie ein fester Körper vom Dampf fortgestoßen, eine Schicht bilde, sondern da sie sich ebenfalls in dem ganzen Raume DH ausbreitet, mischt sie sich mit dem Dampfe, wird aber bei Verwandlung des Dampfes in Wasser vielleicht mit vom Wasser absorbirt. Von Nutzen kann aber dieses Ventil sein, weil die Elasticität der Luft in diesem Volumen zu der Elasticität des später hinzugelassenen Dampfes hinzu kommt (vergl. den Art. Dampf S. 474). Auch drückt in dem Augenblicke, wo das Ventil i geöffnet wird, die Atmosphäre auf das Wasser in DH, welcher Druck allein hinreichte, das Wasser aus DH zu vertreiben, wo es allein durch den Druck der Atmosphäre gehalten wird.

Prechtl bemerkt, daß Keir eine solche Maschine 28 Jahre lang im Gange gehabt habe, ohne bedeutende Reparaturen daran vornehmen zu müssen. Sie verbrauchte im Mittel 4 Buschel Kohle auf 12 Stunden, machte 10 Hübe in der Minute, von denen jeder 7 Kubikfuß Wasser in den Trog 22 Fuß über dem Wasserbehälter ausgoß, was für 1 Buschel Kohle die Wirkung von 17 Millionen Pfund in Einer Minute auf Ein Fuß gehoben gibt, welcher Effect noch etwa um $\frac{1}{5}$ verringert werden muß, wenn man die Wirkung des Wasserrades betrachtet.

Eine Dampfmaschine ohne Kolben mit getrenntem Condensator ist die von Nancarrow angegebene Maschine. Die Zeichnung (Fig. 224.) läßt die Einrichtung leicht erkennen. G ist der Wasserbehälter, aus dem Wasser in den Behälter Z gehoben wird, von wo aus dasselbe das Rad E treibt. Das Wasser steigt durch D und D′ nach B und B′, die Klappen c, c, c′ lassen es aufwärts, aber nicht abwärts; h ist der Condensator, C die Luftpumpe, ff die Injectionsröhre, durch welche das Injectionswasser aus Z nach dem Condensator gelangt, b das Dampfventil, F die Dampfröhre, a das Ventil, welches den Condensator öffnet und schließt. Die Wirkungsart der Maschine ist nun folgende. Erst wird die Dampfklappe b geöffnet, der Dampf vertreibt die Luft aus der Röhre B durch das Ventil c′ (a ist geschlossen); dann wird a geöffnet, deßgleichen der Injectionshahn, dadurch der Dampf condensirt; die Atmosphäre drückt das Wasser durch die Ventile c und c in die Röhre B; aufs neue wird Dampf eingelassen, dieser drückt das Wasser durch c′ in die Röhre B′, so wird fortgefahren, indem man abwechselnd Dampf einläßt und Dampf condensirt; beim Condensiren steigt das Wasser in B, beim Einlassen des Dampfes in B′, bis es endlich nach Z und von Z auf das Wasserrad gelangt. Man sieht sogleich, daß die oberste Wasserschicht in B, welche mit dem Dampfe in Berührung kommt, fortwährend dieselbe bleibt, also allmählig sich erwärmt, und keine unnütze Condensation an ihr stattfindet. Ihre Temperatur wird aber immer wieder herabgedrückt, dadurch, daß sie sich der Temperatur des Condensationsraumes nähert; um auch diesem Uebelstande abzuhelfen, kann man, nach Prechtl's Vorschlage, durch eine mit einer Pipe versehene Seitenöffnung der Röhre B, nachdem einmal die Maschine mit Wasser gefüllt ist, eine 2 bis 3

Digitized by Google

F. hohe Schicht Oel auf das Wasser bringen, welche während der Condensation nicht abgekühlt wird. Dann läßt die Maschine in der That nichts zu wünschen übrig, und ihre Wirkung dürfte sogar verhältnißmäßig größer als die der Watt'schen Maschinen sein.

Es sind noch eine Menge zum Theil scharfsinnig ersonnener Constructionen von Dampfmaschinen angegeben worden, um aber nicht zu weitläuftig zu werden, glaube ich dieselben um so eher übergehen zu dürfen, da dieselben noch nicht diejenige Ausbildung erlangt haben, daß sie sich zur practischen Anwendung als vortheilhafter, wie die im Vorhergehenden angegebenen Constructionen empfehlen.

Es ist zu verwundern, warum eine so nützliche Maschine, wie die Dampfmaschine, im Verhältniß zu der erstaunlichen Wirkung, die man mit ihr hervorbringen kann, nicht schon eine größere und allgemeinere Anwendung gefunden habe. Ein Grund mag die Eigenschaft sein, daß die Menschen, namentlich wo ein bedeutendes Capital riskirt werden muß, lieber bei dem Althergebrachten, weniger Vortheilhaftem stehen bleiben, ehe sie sich einer neuen Vorrichtung bedienen, deren Erfolg ihnen immer noch problematisch erscheint, so lange sie nicht eine hinreichende Einsicht in die Wirkungsart und einen durch die Erfahrung ihnen vor Augen gelegten Beweis des dabei zu erreichenden Vortheiles haben. Eine andere nicht minder einflußreiche Ursache, warum man sich in vielen Fällen scheut, die Dampfmaschine anzuwenden, ist aber auch die, daß man die Möglichkeit von Unglücksfällen bei Anwendung dieser Maschine befürchtet. Allerdings sind häufig Unglücksfälle vorgefallen, es sind Kessel geplatzt, und diese Explosion ist mitunter von gräßlichen Folgen gewesen. Man kann sich im Allgemeinen vorstellen, welch eine Zerstörung eine so ungeheure Kraft, wie die in manchen Dampfmaschinen gebundene, hervorbringen kann, wenn sie auf unregelmäßige Weise frei wird. So traurig aber auch diese Unglücksfälle im Einzelnen gewesen sind, so haben sie doch für das Ganze den großen Vortheil gehabt, daß man daraus genauer die Mittel kennen gelernt hat, wie man sich vor denselben zu bewahren habe. Die meisten Explosionen, welche stattgefunden haben, sind ferner durch Dummheit oder Unvorsichtigkeit derer, denen die Aufsicht über die Maschinen anvertraut war, herbeigeführt worden. Endlich aber sind die Explosionen, so wenig ein Grund gegen allgemeine Einführung der Dampfmaschinen, als darin, daß zuweilen eine Pulvermühle oder ein Pulvermagazin in die Luft geflogen ist, ein Grund liegt, sich nie und nirgends des Schießpulvers zu bedienen oder dasselbe zu bereiten. Man wird sagen, daß man leider Pulver haben müsse, um nicht wegen des Mangels desselben Freiheit und Vermögen zu verlieren; aber eben so gewiß ist es auch, daß, wenn wir in der Benutzung so bedeutender Beweger, wie die Dampfmaschinen, welche der ganzen Industrie einen neuen bisher unerhörten Schwung geben, zurückbleiben wollten, wir gar bald gegen unsere klügeren Nachbarn ebenfalls Selbstständigkeit und Vermögen verloren haben würden. Indeß ist es von Wichtigkeit, diejenigen Unglücksfälle unter den vorgefallenen, welche nicht durch lügenhafte Gerüchte, sondern durch die Mittheilung von sachverständigen, ruhigern Beobachtern bekannt geworden sind, zu

Digitized by Google

kennen, um aus der Erkenntniß der Umstände, welche sie hervorgebracht haben, die zu ergreifenden Sicherheitsvorkehrungen abzuleiten, so wie auch die minder Kundigen auf die zu beobachtende Vorsicht beim Gebrauche der Dampfmaschine aufmerksam zu machen. Ich theile dieselben nach einer Abhandlung von Arago mit, der sie nach den Zeugnissen oder Beschreibungen erfahrner Maschinisten zusammengestellt hat.

Der Eigenthümer einer großen Brennerei Lochrin bei Edinburgh, hatte aus ökonomischen Rücksichten das früher angewandte Destillationsverfahren durch eine Heitzung mit Dampf ersetzt*). Weite Metallröhren, in denen beständig ein Strom sehr heißen Wasserdampfes circulirte, wanden sich demnach hin und her durch die Gefäße, welche die ins Sieden zu versetzende Flüssigkeit enthielten. Der heizende Dampf wurde in einem Kessel von geschmiedetem, vier Zoll dicken Eisen erzeugt, der, bei einer Länge von 37 engl. Fuß und einer Höhe von 4 Fuß, unten 3 Fuß und oben am Deckel 4 Fuß breit war. Das gesammte Gewicht dieses Kessels betrug 180 Centner. In der oberen Wand befanden sich zwei Sicherheitsventile, so eingerichtet, daß sie sich öffnen mußten, wenn der innere Druck mehr als 60 engl. Pfund auf den Quadratzoll, d. h. mehr als vier Atmosphären betrug. Damit diese Ventile ja nicht von den Arbeitern überlastet würden, war eins derselben mit einem Käfig umgeben und unter Verschluß gestellt. Dieser ungeheure Apparat wurde am 21. März 1814 in Wirksamkeit gesetzt. Zwölf Tage darauf war er schon nicht mehr vorhanden: eine Explosion hatte ihn gänzlich zerstört. Im Moment der Catastrophe zersprang der Kessel in zwei scharf geschiedene und ungleiche Stücke. Das obere Stück, aus dem Deckel und den beiden Seiten bestehend, wog 140 Ctn. Es wurde mit einer solchen Gewalt in die Höhe geschleudert, daß es nicht nur das gemauerte Gewölbe der Werkstatt und deren Dach durchbrach, sondern auch noch 70 engl. Fuß darüber hinaus im Freien emporstieg. Diese ungeheure Masse fiel 150 Fuß davon entfernt, auf eins der zur Brennerei gehörigen Gebäude, schlug es ein und zertrümmerte am Ende seines Falles noch einen großen gußeisernen Behälter im Erdgeschosse. Es waren im Momente der Explosion nur zwei Arbeiter unmittelbar bei dem Apparate. Es waren die einzigen Personen, welche das Leben einbüßten, was um so außerordentlicher erscheint, da die übrigen Räume der Werkstatt damals voller Menschen waren, und der Kessel eine ungeheure Menge von Geräthen und zertrümmerten Gegenständen mit erstaunlicher Geschwindigkeit nach allen Richtungen fortschleuderte. Einer der Arbeiter wurde in zwei Stücke zerrissen, und merkwürdiger Weise waren die Beine desselben in der Brennerei geblieben, den Obertheil des Körpers aber fand man außerhalb des Ge-

*) Es ist hier also eigentlich nicht von einer Dampfmaschine die Rede, sondern von Dampfheizung, deren im Art. Dampf S. 478 f. Erwähnung gethan worden ist. Der Dampfkessel aber, welcher platzte, ist bei dieser Vorrichtung von derselben Beschaffenheit, und steht unter denselben Verhältnissen, wie bei einer Dampfmaschine.

Digitized by Google

zwei von ihnen, so viel ist gewiß, sprangen gleichzeitig; man soll später auch noch einen dritten Kessel aus der Rhone hervorgezogen und auch diesen zerplatzt gefunden haben. Auch in diesem Falle hatte sich der Dom des Kessels, welcher bei der Explosion 250 Meter weit fortgeschleudert worden war, wie bei dem Kessel zu Lochrin, von dem Untertheile in einer fast horizontalen Linie getrennt, obgleich das Metall in dieser Linie Unterschiede in der Dicke von mehr als zwei Millimeter darbot. Tabareau (von dem Arago diese Nachrichten entlehnt) hat berechnet, daß die dicksten Stellen der Wände durch eine Verstärkung von 2 Millim. noch 6 Atmosphären, mehr als der Gesammtkraft, die 20 bis 25 Atmosphären betrug, widerstanden haben würden. Es fand demnach ein gleichzeitiges Zerspringen in Theilen des Kessels statt, die in der Stärke mindestens um 6 Atmosphären (in Bezug auf den Druck, den sie aushalten konnten) verschieden waren. — Auch bei einer Dampfmaschine am Eingange in die Zinngrube Polgooth sprangen zwei Kessel zu gleicher Zeit. Diese Maschine hatte drei getrennte Kessel, und die Explosion geschah, als die Maschine auf einige Augenblicke angehalten wurde, um eine Reparatur an der Schöpfdruckpumpe vorzunehmen. Der Capitän Reed, der sich in der Nähe der Mine befand, berichtete, daß der Knall der ersten Explosion kaum verhallt war, als schon die zweite sich hörbar machte.

Nach der Explosion, welche die Zuckersiederei in Wellclose-Square zu London zerstörte, wurde ermittelt, daß das Gußeisen, woraus der Kessel verfertigt war, nicht überall die erforderliche Dicke gehabt hatte. Am Boden betrug die Dicke nicht weniger als $2\frac{1}{2}$ engl. Zoll, in den Seitenwänden $1\frac{1}{2}$ Zoll, an dem untern Theile der Wölbung nur $\frac{7}{16}$ Zoll, und an einigen Stellen sogar nur $\frac{1}{8}$ Zoll. Unzufrieden mit den Wirkungen der Maschine, hatte ein Agent ihres Erbauers das Sicherheitsventil, kurz vor dem Ereignisse, mit einem großen Gewichte belastet, und noch dazu das Feuer unter dem Kessel möglichst verstärkt, trotz der lebhaften Vorstellungen der Zuckersieder.

Es ist zu bemerken, daß zu London wie zu Lyon, der Kessel gleichzeitig an Stellen zersprang, die eine so ungleiche Dicke besaßen, daß, angenommen, die einen hätten einer Kraft gleich Eins das Gleichgewicht gehalten, die anderen erst einer zehnfachen Kraft gewichen sein würden.

Während der gerichtlichen Untersuchung, welche die Deputirtenkammer im J. 1817 bei Gelegenheit der Explosion eines Dampfboots zu Norwich anordnete, erwähnte William Chapmann, Civil-Ingenieur zu Newcastle, der Explosion Eines Kessels, die, wie die eben genannte, durch eine Ueberlastung des Sicherheitsventiles herbeigeführt worden war. Sie ward durch einen Arbeiter veranlaßt, der sich auf das Ventil gesetzt hatte, um seinen Kameraden das Schauspiel einer hüpfenden Bewegung zu geben, in welche er, wie er sagte, versetzt werden würde, wenn der Dampf ihn erst zu heben vermöchte. Wie vorauszusehen öffnete sich aber das Ventil nicht, sondern der Kessel zersprang, und die umhergeschleuderten Stücke verwundeten und tödteten eine große Anzahl von Personen.

Digitized by Google

In Amerika flog auf dem Ohio ein Dampfboot in die Luft, als eben die Mannschaft mit Lichtung des Ankers beschäftigt war, d. h. in einem Augenblicke, wo die Maschine noch nicht arbeitete, also noch keinen Dampf verbrauchte, das Feuer unter dem Kessel sich aber schon im vollen Gange befand. Hebung oder Entlastung des Ventils würde hier das Unglück verhütet haben; statt dessen aber hatte der Aufseher aus unbegreiflichem Unverstande noch mehr Gewicht darauf gelegt.

Besonders merkwürdig sind folgende Fälle, wo die Maschine langsamer ging als gewöhnlich, ja die Sicherheitsventile sich kurz vor Eintritt der Explosion öffneten.

Einige Augenblicke, bevor der gußeiserne, für mittleren Druck bestimmte, Kessel in der Seidenspinnerei des Hrn. Feray zu Essone, am 3. Febr. 1823, zersprang, ging die Maschine, welche er mit Dampf versah, langsamer als gewöhnlich, und zwar in dem Grade, daß die Arbeiter sich darüber beklagten. Als die Explosion geschah, öffneten sich die beiden Ventile und der Dampf strömte mit Macht heraus.

Ein ganz ähnlicher Unglücksfall, wie der zu Essone, ereignete sich einige Tage hernach auf dem Boulevard dû Mont-Parnasse in Paris. Hier, wie bei Feray, murrten die Arbeiter über den ungemein langsamen Gang der Maschine, der ihnen nur ein sehr geringes Tagewerk zu vollbringen erlaubte, als der Kessel, den sie fast dampfleer wähnten, plötzlich zersprang. Dieser Kessel war aus Kupferblech verfertigt. Nichts deutete darauf, daß das Sicherheitsventil in schlechtem Zustande gewesen wäre, vielmehr hatte man Ursache zu glauben, daß vor der Explosion eine reichliche Ausströmung von Dampf erfolgte.

Kurz vor dem Auffliegen des Dampfboots der Aetna, in Amerika, machte der Stempel der Maschine 18 Hübe in der Minute. Bei seinem gewöhnlichen Gange betrug die Zahl der Hübe 20; der Kessel zersprang also bei einer merklich geringeren Elasticität des Dampfes, als er für gewöhnlich ertrug.

Am Tage der Explosion des Dampfboots le Rapide, zu Rochefort, hatte das Manometer oft eine Elasticität des Dampfes angezeigt, die den atmosphärischen Druck um eine Quecksilbersäule von 30 Centimeter überstieg. Einige Augenblicke vor dem Ereignisse stand das Manometer nur auf 15 Centimeter.

Aus der gerichtlichen Untersuchung, zu welcher die Explosion des Dampfboots Graham Veranlassung gab, ging hervor, daß man in dem Augenblicke, wo der Unfall eintrat, ein Gewicht von 20 Pfunden von dem Sicherheitsventile abgehoben hatte.

Ein Kessel, zur Erzeugung eines Dampfes von niederem Drucke bestimmt, zersprang mitten in einer Werkstatt in Lyon unmittelbar, nachdem man einen großen Entladungshahn geöffnet hatte, durch welchen der Dampf mit Schnelligkeit zu entweichen anfing. Den Hahn öffnen, oder das Sicherheitsventil heben, ist offenbar einerlei; mithin war hier die Explosion durch eine Operation veranlaßt worden, welche im Allgemeinen dieselbe scheint verhindern zu müssen.

Es ist schon S. 524. erwähnt worden, daß ein Kessel auch da-

durch zerstört werden könne, daß die Wände desselben von außen nach innen eingedrückt werden; auch wurde S. 519. bemerkt, daß die Kessel mit innerer Heitzung nicht zu empfehlen wären, weil die meisten Unglücksfälle in England mit solchen Kesseln vorgefallen wären. Zuweilen ist der innere kleine Cylinder nicht im Stande, den rings auf ihn drückenden Dampf zu ertragen, er wird daher zusammengedrückt, wobei er wenigstens theilweise zerreißt, und das siedende Wasser ergießt sich dann mit Gewalt in die Werkstatt, wo es häufig großen Schaden anrichtet.

In Flintshire bei den Mold-Mines gibt es eine ungeheure Dampfmaschine, die durch drei Kessel, mit innern Feuerherden, mit Dampf gespeist wird. Eines Tages wurde die Maschine fünf Minuten lang angehalten. Schon hatte der Aufseher die Thüren vor den Feuerherden der drei Kessel geöffnet, und bei zwei von ihnen die Schoße in den Schornsteinen geschlossen; eben war er im Begriff, auch das dritte zu schließen, hatte aber kaum die Metallplatte an ihren Platz gebracht, als er die Flamme zum Feuerherde herausstoßen sah, und unmittelbar darauf eine Explosion erfolgte. Zwei Arbeiter, die sich unglücklicherweise in der Richtung befanden, in der das siedende Wasser herausschoß, verloren augenblicklich das Leben. — Eine aufmerksame Untersuchung der Kessel zeigte, daß der äußere Cylinder weder gewichen war, noch Schaden gelitten hatte. Man fand sogar das Gewicht an dem Hebel des Sicherheitsventiles unverrückt an seinem früheren Platze. Der kleine Cylinder war nicht nur, wie es bei dieser Art von Kesseln zuweilen in Folge von Explosionen geschieht, verschoben worden, sondern auch dermaßen zusammengedrückt, daß man in einem großen Theil seiner Länge kaum die Hand zwischen die genäherten Seitenflächen zu stecken vermochte. Auch die oben erwähnten Kessel bei der Maschine zu Polgooth waren solche mit innerer Heizung, und man fand nach der Explosion bei beiden Kesseln die inneren Cylinder zusammengebogen und an vielen Stellen gerissen.

In der Grube Est-Crennis wurde der kleine Cylinder nicht nur von oben und unten her zusammengedrückt, sondern sogar mit vieler Gewalt zur Werkstätte hinausgeworfen, ohne daß der ihn einschließende große Cylinder von seiner Stelle gewichen, und sonderlich beschädigt worden war.

Häufig ist der Grund zu Explosionen eine zu starke Erhitzung der Wände des Kessels. Ein Beispiel gibt die Gießerei zu Pittsburg in Amerika. In dieser Anstalt empfing eine Hochdruckmaschine von 80 Pferden Kraft ihren Dampf durch drei getrennte cylindrische Kessel, von denen jeder 30 engl. Zoll im Durchmesser und 18 Fuß in der Länge hielt. Man hatte schon seit langer Zeit bemerkt, daß wegen Beschädigung eines zu der Kaltwasser-Pumpe führenden Rohres einer dieser Kessel nicht Wasser genug bekomme und daher rothglühend werde; da indeß der Dampf, den die beiden andern Kessel lieferten, hinreichend war, so glaubte man, der Reparatur dieses Schadens überhoben zu sein. Eines Tages aber zersprang der rothglühende Kessel; der größte Theil desselben löste sich ab, fuhr unter einem Winkel von etwa 45°, wie eine

Rakete durch das Dach des Gebäudes, und fiel erst 600 F. entfernt davon wieder zu Boden.

Sehr merkwürdig ist ein Fall, den Perkins mittheilt. Ein Dampfkessel bekam einen Riß, aus dem Dampf mit ungeheurer Schnelligkeit hervordrang. Ungeachtet dieses von selbst entstandenen Sicherheitsventiles wurde der Kessel von dem ihn tragenden Mauerwerke abgelöst, und ganz und gar um einige Fuß vom Boden gehoben; erst hier in der Luft geschah die Explosion, durch welche er in zwei Theile zerplatzte. Die obere Hälfte flog weit in die Höhe; die untere fiel sogleich auf den Boden, und wurde ganz zerschmettert. Höchst wahrscheinlich war der Hergang bei der Explosion zu Lochrin ein ganz ähnlicher, denn auch da wurde, wie oben gesagt, der untere Theil des Kessels 14 bis 15 Fuß mit in die Höhe gehoben.

Man sieht aus den vorhergehenden Beispielen, wie zwar in vielen Fällen eine übermäßige Belastung oder gänzliche Festmachung des Sicherheitsventiles Grund zur Explosion war, aber es geht aus denselben doch auch hervor, daß nicht in allen Fällen die Sicherheitsventile hinreichenden Schutz gewähren. Gründe hierzu können nach Arago vorzüglich folgende sein:

1) Weil die Oeffnung des Ventiles vielleicht nicht groß genug ist, um dem plötzlich und in großer Menge entwickelten Dampfe einen Ausgang zu verstatten. — Auf S. 525. ist die Formel angegeben, nach welcher der Durchmesser der Oeffnung des Ventiles berechnet und ausgeführt werden soll, damit während des Geöffnetseins des Ventiles aller im Kessel sich bildende Dampf durch dasselbe entlassen, also eine fernere Erhöhung des Druckes im Kessel nicht stattfinden könne. Dabei kann aber immer nur angenommen werden, daß die verdampfende Fläche im Kessel die gewöhnliche sei, daß die Dampfbildung unter denjenigen Verhältnissen vor sich gehe, unter denen sie gewöhnlich geschieht. Verwandelt sich aber durch einen nicht berechneten Umstand schnell oder gar plötzlich alles Wasser in Dampf, so vermag das Sicherheitsventil nicht mehr, die nöthigen Dienste zu leisten. Dieß geschieht z. B., wenn durch eine zufällige Verstopfung oder einen andern Umstand die Speisung des Kessels nicht in dem gehörigen Maße geschieht, das Feuer über dem Niveau des Wassers die Wände des Kessels stark erhitzt, vielleicht gar glühend macht (wie in dem oben angegebenen Falle bei der Maschine zu Pittsburg der Fall war), und dann plötzlich kaltes Wasser in den Kessel tritt; dieß verwandelt sich nun entweder augenblicklich in Dampf, oder bewirkt, indem es an die glühenden Kesselwände geworfen wird, eine augenblickliche, starke Zusammenziehung derselben. Der Kessel platzt, obschon er vorher, der unvollkommenen Speisung wegen, weniger wirkte als gewöhnlich. Vor auf diese Weise nun eintretenden Unglücksfällen kann man sich einzig und allein dadurch sichern, daß man für eine regelmäßige Speisung des Kessels mit Wasser sorgt. Gewöhnlich glauben die Arbeiter, daß der langsamere Gang der Maschine von zu geringer Dampfentwicklung, und diese von zu schwacher Feuerung herkomme, und vermehren daher ohne Weiteres das Feuer. Man muß aber wohl darauf achten, ob die Dampfentwicklung bei demjenigen Feuer, durch welches man eine größere Menge

Digitized by Google

Dampf zu erhalten gewohnt ist, schwächer ausfällt; dann würde die Verstärkung des Feuers unfehlbar aus den angegebenen Gründen das Platzen des Kessels bewirken. Bemerkt daher der Arbeiter, daß die Maschine langsamer geht, zugleich die Kesselwände sich mehr als gewöhnlich erhitzen, so muß er alsbald, statt die Feuerung zu erhöhen, und mehr Wasser in den Kessel zu bringen, den Luftzug im Feuerherde absperren, und den Kessel abkühlen lassen; erst dann kann ohne Gefahr der Kessel auf's Neue mit Wasser gespeist und die etwaige Veranlassung zu der vorher unregelmäßigen Speisung beseitigt werden. Es ergibt sich aus dem Gesagten auch, wie wichtig es ist, sich während der Thätigkeit der Maschine von Zeit zu Zeit von dem Stande des Wassers im Kessel zu unterrichten, wozu die Probehähne, deren S. 484. gedacht wird, dienen *). Ein anderer Grund, warum die Sicherheitsventile zuweilen nicht die Sicherheit gewähren, welche sie nach der ihnen gegebenen Einrichtung leisten sollen, ist

2) weil der Dampfkessel in der Kälte geprüft worden ist, und seine Festigkeit in der Hitze, besonders in großer, sehr abnimmt. — Jeder Dampfkessel muß, ehe er gebraucht wird, geprüft werden, ob er auch im Stande ist, den Druck auszuhalten, auf welchen die Maschine, zu der er gehört, berechnet ist. Diese Prüfung aber kann füglich nicht unter den Verhältnissen vorgenommen werden, unter der später der Kessel bei seiner Wirksamkeit steht, weil dieses in der Werkstätte des Künstlers nicht vorgenommen werden kann, eine derartige Prüfung auch selbst gefährlich wäre; daher bedient man sich zu Anstellung der Prüfung der hydraulischen Presse. Man erfährt also durch eine solche Prüfung zwar, ob der Kessel in der gewöhnlichen Temperatur einen gewissen Druck auszuhalten im Stande ist, aber keinesweges, ob er auch in der Hitze einen gleichen oder verhältnißmäßig niedren Druck aushalten könne. Die in Frankreich geltenden gesetzlichen Verordnungen bestimmen, daß jeder Dampfkessel von Gußeisen, ehe er gestempelt, und dadurch seine Anwendung erlaubt wird, einem fünf Mal, und jeder Kessel von Kupfer und gewalztem oder geschmiedetem Eisen einem drei Mal größeren Drucke von innen nach außen, als er bei seinem Gebrauche erleidet, ausgesetzt werden muß; aber auch dieses reicht nicht hin, völlige Sicherheit zu gewähren. Tremery hat durch Versuche gefunden, daß Schmiedeeisen in dunkler Rothglühhitze nur ein Sechstel seiner Festigkeit in der Kälte besitzt. Kommt also zufällig ein Theil des Kessels in

*) Statt dieser Probehähne kann man auch gläserne Anzeigeröhren anbringen; jede dieser Röhren wird dann senkrecht zwischen zwei wagerechten kupfernen Tubulirungen angebracht, die mit Hähnen versehen sind, und in dem Innern des Kessels in und unter der Fläche in Communication stehen. Dadurch erhält sich das Wasser in beiden Glasröhren auf derselben Höhe, in welcher es im Kessel steht. Auch kann man beim Kessel eine Röhre anbringen, welche oben in eine Orgelpfeife endigt, mit ihrem unteren Ende aber unter der Oberfläche des Wassers steht; sinkt dann das Wasser bis unter das Ende dieser Röhre, so zeigt dieß der durch die Röhre gedrückte Dampf durch anhaltendes Pfeifen an.

Digitized by Google

Glühhitze, so ist die Gefahr einer Explosion sehr nahe, obschon sie nach den angestellten Versuchen nicht zu fürchten ist. Nach jenen Versuchen ist aber das Dampfventil eingerichtet worden, und man sieht wieder, daß man sich besonders davor zu hüten habe, daß der Kessel nicht eine zu hohe Temperatur annehme. Hierzu kann, außer einer unregelmäßigen Speisung, auch der S. 520. besprochene Pfannenstein Veranlassung werden, gegen dessen Ansetzung man daher die angegebenen Mittel nicht vernachlässigen darf. Arago führt ferner als Grund, warum Dampfkessel trotz der Sicherheitsventile platzen können, an

3) weil eine plötzliche Steigerung der Elasticität des Dampfes ein Zerplatzen bewirken kann, in Fällen, wo ein allmälig entwickelter Druck von keinen nachtheiligen Folgen ist; und

4) endlich, weil der Kessel sich über dem Feuer ziemlich bald abnutzt, und nach längerem Gebrauche in seiner Festigkeit bald geschwächt wird. Was die unter 3) angeführte plötzliche Steigerung der Elasticität des Dampfes betrifft, so hat man auf eine solche, bei der Prüfung des Kessels mit der hydraulischen Presse, so wenig, wie auf die Veränderung der Cohäsion des Metalles in der Hitze Rücksicht genommen. Bei dieser Prüfung nämlich steigt der innere Druck allmälig und durch sehr unmerkliche Grade; es ist aber bekannt, daß feste Körper einen sehr starken, allmälig zunehmenden Druck aushalten können, während sie einem sehr schnell zunehmenden Drucke, wie ein Stoß oder Schlag, nicht zu widerstehen vermögen. Eine solche plötzliche Steigerung der Elasticität des Dampfes tritt ebenfalls ein, wenn wenig Wasser im Kessel vorhanden ist, und einige Stellen des Kessels rothglühend werden. Ueber diesen Umstand, so wie über die merkwürdigen Erscheinungen, welche einer durch denselben bewirkten Explosion voranzugehen pflegen, nämlich daß sich vor dem Platzen des Kessels das Sicherheitsventil öffnet, ja daß sogar einige Zeit vor dem Unfalle die Elasticität des Dampfes abzunehmen scheint, theilt Arago die Erklärung Perkins mit, die ich der Wichtigkeit der Sache wegen nicht übergehen zu dürfen glaube.

Wenn bei einem gewöhnlichen Dampfkessel die Flamme sich an den Wänden nicht über das Niveau des Wassers erhebt, so haben dieses Wasser und der aus ihm entstehende Dampf genau dieselbe Temperatur; ist aber nur wenig Wasser zugegen, und steigt die Flamme sehr hoch, so kann der Kessel an einigen Stellen rothglühend werden und der mit ihm in Berührung stehende Dampf sich außerordentlich erhitzen, ohne daß er dadurch eine große Spannkraft erlangt, entweder weil er nicht im Sättigungszustande ist, oder aus einem anderen später zu erwähnenden Grunde. Befindet sich der Kessel in diesem Zustande, und öffnet sich dann das Sicherheitsventil, entweicht also schnell der Dampf, welcher vorher auf dem Wasser lastete, so wird sich dieß, so plötzlich von einem so großen Drucke befreit, mit seiner ganzen Oberfläche in Schaum erheben (wie beim Champagner, wenn der Pfropfen abgezogen wird), das Wasser in Form von Tropfen wird in den ungemein heißen Dampf geschleudert, es bildet sich plötzlich ein sehr elastischer Dampf, und zwar in solcher Menge, daß ihm das Ventil

Digitized by Google

keinen hinlänglichen Ausweg darbietet, und so müssen die Wände des Kessels zerreißen.

Daß unter den angegebenen Umständen eine bis zum Rothglühen gehende Erhitzung des Kessels stattfinden kann, dafür spricht die Erfahrung und die Theorie. Wenn ein mit Wasser gefülltes metallnes Gefäß auch über einem sehr starken Feuer nicht glühend wird, so ist der Grund der, daß das Wasser die dem Metall zugeführte Wärme alsbald an sich nimmt, und zu seiner Verwandlung in Dampf verbraucht. Ein Gefäß aber, welches größtentheils mit Dampf erfüllt ist, wird glühend werden können, weil der Dampf nicht so viel Wärme aufnehmen, (und latent machen) kann, wie das Wasser. Beispiele sind folgende: Moyle fand bei einer Cornwaller Dampfmaschine, daß eine hölzerne Leiter, welche mit ihrem Fuße auf dem Deckel des Kessels stand, Feuer gefangen hatte. Ebenso entzündete sich auf dem Packetboote zwischen Liverpool und Dublin ein Fichtenbrett, welches man zufällig auf den Deckel des Kessels geworfen hatte. Perkins machte folgende Erfahrung: Ein cylindrischer Kessel, 4 engl. Fuß lang und 1 im Durchmesser, wurde senkrecht auf einen Ofen gestellt, so daß das Feuer das untere Drittel umspielte, das Wasser aber nur ein Sechstel füllte; das Sicherheitsventil, mit ungefähr einer Atmosphäre belastet, befand sich an der Seite des Kessels in der Hälfte seiner Höhe, das Wasser, welches dieses Ventil in Dampfgestalt entweichen ließ, wurde in dem Maße, als es davon ging, nachgefüllt. Ein in das Wasser, und bis zum Boden des Gefäßes hinabgesenktes Thermometer zeigte 104° C. Dieß war auch die Temperatur der Dampfschicht dicht an der Oberfläche des Wassers; allein in der halben Höhe des Kessels zeigte das Thermometer 260°, und der Deckel war rothglühend.

Das Emporspritzen von Tropfen bemerkt man schon, wenn Wasser in einem offenen Gefäße siedet; der Grund ist der sich von unten entwickelnde und durch die Flüssigkeit in Bläschen aufsteigende Dampf. Der Druck der Atmosphäre ist der Grund, warum dieses Spritzen nicht in stärkerem Grade geschieht. Wird daher, wie im vorliegenden Falle, der Druck auf das siedende Wasser plötzlich sehr bedeutend vermindert, so wird auch plötzlich ein Ausspritzen von sehr vielen Wassertropfen eintreten. Ueber die augenblickliche Verwandlung des Wassers in Dampf, welche Perkins zur Erklärung, warum der Kessel unter den gegebenen Umständen platze, annahm, hat derselbe directe Versuche angestellt. Er hatte nämlich einen Metallcylinder mit Dampf gefüllt, und bis 260° erhitzt. Zur Seite dieses Cylinders befand sich ein Recipient, der eine Temperatur von 650° besaß, aber weder Wasser noch dichten Dampf enthielt. Die beiden Gefäße konnten durch eine Röhre in Verbindung gesetzt werden, die für gewöhnlich durch ein hinlänglich belastetes Ventil verschlossen war. Es wurde nun mittelst einer Druckpumpe eine gewisse Menge kalten Wassers durch das eine Ende des Metallcylinders eingepumpt, bis sich am Ende das Verbindungsventil öffnete, und ein gleiches Volumen heißen Wassers in den Recipienten fließen ließ, wo es sich augenblicklich in Dampf verwandelte. Ein besonderes Ventil, mit dem dieser Recipient versehen war, gestattete zu sehen, ob die Dampf-

Digitized

bildung plötzlich geschehen war. Perkins behauptet, daß dieß wirklich der Fall war, indem die Druckpumpe kaum zu wirken angefangen hatte, als auch schon das Ventil am Recipienten eine Elasticität von 40 bis 100 Atmosphären angab, 40 für eine mäßige und 100 für eine starke Einspritzung.

Es wurde bei mehreren der angeführten Unfälle beobachtet, daß trotz einer sehr ungleichen Dicke der einzelnen Theile bei mancher der zerplatzten Kessel dennoch der Riß eine regelmäßige und horizontale Linie war. Es liegt sehr nahe zu vermuthen, daß diese Linie diejenige sei, welche den Stand des Wassers im Kessel bezeichnet. In dieser Linie theilt sich nämlich der Kessel in zwei sehr ungleich erhitzte, und darum sehr ungleich feste Theile, und man kann sich die schnelle Abwechslung eines Druckes, der geringer als der gewöhnliche, mit einem, der bedeutend stärker als der gewöhnliche ist, als eine schnell auf einander folgende Beugung der Wände des Kessels, in der Linie des Wasserspiegels, erst nach innen, dann nach außen vorstellen. Auch das zäheste Metallblech bricht leicht, wenn dasselbe schnell hinter einander in derselben Linie nach verschiedenen Seiten gebogen wird.

Das beobachtete Platzen des Kessels in der Luft erklärt Perkins dadurch, daß er annimmt, daß der Dampf in einer Richtung von oben nach unten, aus einem Riße in den Seitenwänden entweiche, wodurch der Kessel in entgegengesetzter Richtung, ähnlich wie eine Rakete, fortgeschleudert werde.

Wie auch das Oeffnen des Sicherheitsventiles zuweilen selbst Veranlassung zum Platzen des Kessels werden könne, erklärt Gensoul aus der Thatsache, daß ein Metallrohr, welches eine stark zusammengedrückte Flüssigkeit enthält, schon durch einen Schlag auf seine Wände zertrümmert werde, während eine starke, aber langsame und allmälige Vermehrung des Druckes diese Wirkung nicht habe. Ein mit Dampf von großer Elasticität gefüllter Kessel ist einem solchen Rohre zu vergleichen, und Gensoul meint, daß bei einer schnellen Oeffnung des Sicherheitsventiles die heftige Rückwirkung, welche der Kessel, gegenüber der Stelle, wo der Dampf plötzlich entweicht, als ein Stoß auf den Kessel wirke, ihn also leicht zertrümmern könne. — Man hat auch angenommen, daß sich in dem Dampfkessel Wasserstoffgas erzeuge, wie man dieses Gas in den chemischen Laboratorien beim Hindurchleiten von Wasserdampf durch ein glühendes Eisenrohr erhalte. Man müßte nun annehmen, dieses Wasserstoffgas verbände sich mit dem Sauerstoffgase der Luft in dem zugeführten Wasser zu einem explodirenden Gasgemenge. Dieses aber könnte nun durch einen hellglühenden Körper oder einen electrischen Funken entzündet, und so die Explosion bewirkt werden; weder aber findet so leicht ein Hellglühen der Kesselwände statt, noch läßt sich die Bildung eines electrischen Funkens annehmen. Dagegen kann als ausgemacht angesehen werden, daß sich in den Rauchgängen, in dem Ofen gebildete explodirende Gasgemenge ansammeln, namentlich in den Beugungen der Zugröhren. Man muß diese daher soviel als möglich vermeiden. Die Bildung des Kohlenwasserstoffgases aus den Steinkohlen wird am besten vermieden, wenn die Kohlen nur

in dünnen Schichten auf den Rost geschüttet werden, weil, wenn die Steinkohle bituminös und zusammenklebend ist, die Stücke an einander schweißen und eine Kruste bilden, die bei einiger Dicke fast undurchdringlich für die Flamme ist; dann gibt der Feuerherd viel Kohlenwasserstoffgas und wenig Wärme.

Es gibt noch andere Ursachen, welche eine Explosion des Kessels herbeiführen können. S. 552. ist schon gesagt worden, wie das Ansetzen von Pfannenstein ein Zerreißen des Kessels bewirken könne; Arago führt an, daß zu Paris in einem der größten Häuser ein zur Heizung bestimmter Kessel im Boden an der Stelle ein Loch bekam, wo die Arbeiter aus Versehen einen Fetzen dieses Pfannensteins hatten liegen lassen. Die S. 520. angegebenen Sicherheitsmaßregeln gegen den schädlichen Einfluß des Pfannensteins sind daher nicht zu vernachlässigen. — Man hat, um Brennmaterial zu sparen, sehr häufig die Kessel mit durch sie hindurchlaufenden Zügen versehen, doch können diese leicht Grund zu Explosionen werden, indem sich der darin angehäufte Ruß entzündet. Hebert erzählt ein hierher gehöriges Beispiel, wo aus diesem Grunde ein Kessel sprang, der den Eigenthümer der Dampfmaschine und fünf seiner Arbeiter tödete, auch noch sechs andere Personen schwer beschädigte. Der Dampf im Kessel hatte den gewöhnlichen Druck von 60 Pf., bei welchem er sonst arbeitete. Die Sicherheitsklappe war in guter Ordnung und Wasser im Kessel im Ueberflusse. Der Zug aus dem Ofen ging, ehe er in den Schornstein trat, durch den Dampfraum in den oberen Theil des Kessels, wo eine Menge Rußes sich sammelte, der sich entzündete, und das Metall rings umher rothglühend machte. Dadurch entstand nun eine so plötzliche und gewaltige Ausdehnung des Dampfes mit hohem Drucke, daß die Sicherheitsklappe nicht mehr zu Ableitung desselben hinreichte, und die Katastrophe erfolgte. Der Kessel, obschon aus den besten gehämmerten Eisenplatten verfertigt, sprang in fünfzig Stücke, welche nach allen Richtungen und in die weitesten Entfernungen geschleudert wurden. Hebert führt auch einen Fall an, wo ein Spalt in der Mauer, durch den die Luft mit großer Gewalt hereinstürzte, und wie ein Löthrohr auf das Metall wirkte, die Berstung des Kessels an der ihm gegenüberstehenden Stelle bewirkte.

Man hat nun außer dem Sicherheitsventile, welches Papin erfunden, noch andere Sicherheitsapparate empfohlen und angewandt, welche auch in den Fällen wirksam sein sollen, bei denen das Papin'sche Sicherheitsrohr nicht ausreicht.

Hierher gehören die leicht schmelzbaren Platten, als deren Erfinder Reichenbach anzusehen ist. Jede höhere Elasticität des Dampfes ist nämlich mit einer entsprechenden Erhöhung der Temperatur verbunden, (S. den Artikel Dampf S. 426. ff.). Man kann aber Metallgemische herstellen, welche bei einer bestimmten Temperatur schmelzen. Man soll daher den Kessel mit Platten von solchem Metalle versehen, welches bei derjenigen Temparatur schmilzt, die dem Drucke entspricht, den der Dampf im Kessel höchstens erreichen soll. Wollte man diesen Druck z. B. nicht den Druck von 36 Pf. auf einen Quadrat-

Digitized by Google

zoll über den der Atmosphäre steigen lassen, so würde eine Platte, die aus einer Legirung von einem Theile Wismuth, zwei Theilen Blei und zwei Theilen Zinn bestände, die gewünschten Dienste leisten. Eine solche Legirung schmilzt nämlich bei 115°,5 R., welche Temperatur jenem Drucke des Dampfes entspricht. Wäre nun z. B. das (Papin'sche) Sicherheitsventil mit 34 Pf. auf den Quadratzoll belastet, und öffnete es sich bei diesem Drucke durch einen Zufall nicht, so würde doch bald darauf die Metallplatte schmelzen, und der Dampf durch die entstandene Oeffnung unschädlich entweichen. Man bringt diese Metallplatten am Boden des Gefäßes an, damit, wenn die durch dieselben geschlossenen Oeffnungen sich öffnen, das Wasser ausfließt, und das Feuer auf dem Herde löscht. Damit die entstandene Oeffnung hinreichend ist, muß ihr der S. 525. durch die Formel für das Sicherheitsventil bestimmte Durchmesser gegeben werden. Man hat gegen diese Platte eingewandt, daß durch ihre Oeffnung zwar die Gefahr abgewandt, aber zugleich der Gang der Maschine auf längere Zeit unterbrochen werde, welches in allen Fällen einen großen Kostenaufwand verursache, auf Schiffen aber, namentlich, wenn sie sich in der Nähe der Küste, besonders am Eingange eines Hafens befänden, durch das gänzliche Aufheben der bewegenden Kraft sehr gefährlich werden könnte. Auch erweicht sich das Metallgemisch, schon ehe es seinen Schmelzpunct erreicht hat, und die Platte kann daher, ehe der Dampf den höchsten ihm gestatteten Druck erlangt hat, schon von einem minderen Drucke herausgeworfen oder zerplatzt werden. Dem letzteren Umstande kommt man dadurch zuvor, daß man die Platte vor der Festlöthung in dem zu ihrer Aufnahme bestimmten Rohre mit einem etwas engmaschigen Metallgewebe bedeckt, aber auch der erste Uebelstand wird völlig durch diejenige Einrichtung beseitigt, welche Reichenbach seinen leicht schmelzenden Metallplatten gibt. Er füllt nämlich mit dem bei einem bestimmten Temperaturgrade schmelzenden Metallgemische einen konischen Eisenstöpsel aus, welcher so durchbohrt ist, daß das Metallgemisch in ihm zwei mit den kleineren Flächen an einander liegende, abgestumpfte Kegel bildet, welche Vorrichtung zugleich verhindert, daß die mechanische Gewalt des Dampfes das Metallgemisch herausstößt. Die Stöpsel werden in die Oeffnung des Kessels eingekeilt, und man kann deren stets mehrere in Vorrath halten, so daß durch das Ausfließen des Metallgemisches keine unnütze Unterbrechung des Ganges der Maschine hervorgebracht wird, indem alsbald ein anderer Stöpsel an die Stelle des unbrauchbar gewordenen gesetzt werden kann. Man kann den Stöpsel in der Oeffnung des Kessels auch dadurch befestigen, daß man einen schmalen Metallstreifen über ihn hinzieht, der auf beiden Seiten durch Schrauben gehalten wird. Zugleich ist durch diese leicht schmelzenden Metallplatten auch gegen jenen Unfall eine Vorkehrung getroffen, wo durch unregelmäßige Speisung des Kessels die Wände desselben glühend werden, dadurch der Dampf, ohne eine große Elasticität zu besitzen, sehr heiß wird, und eine plötzliche Dampfbildung entsteht, für welche das Papin'sche Sicherheitsventil nicht ausreicht. Die Metallplatte wird schmelzen, ehe die Wände des Kessels glühend werden, und dadurch

Digitized by Google

der heiße Dampf abgeleitet werden, ehe jener Unfall eintritt. In Frankreich ist es Gesetz, daß jeder Dampfkessel mit zwei leicht schmelzenden Platten von ungleicher Größe außer den Ventilen versehen sein muß, von denen der Schmelzpunct der kleineren 10° höher liegen soll, als die Temperatur eines Dampfes, der im Sättigungszustande gleiche Elasticität, wie der beim gewöhnlichen Gebrauche angewandte Dampf besitzt. In einer um noch 10° höheren Temperatur soll die größere Platte schmelzen.

Statt der leicht schmelzenden Metallplatten kann man auch dünne Platten anwenden, welche bei einem zu hohen Drucke platzen. Man verschließt mit solchen dünnen Platten, welche unter einem bestimmten Drucke zerreißen, an dem Kessel angebrachte Oeffnungen. Dieses Mittel ist jedoch darum unzuverlässig, weil man nicht genau wissen kann, ob eine Metallplatte genau dieselbe Festigkeit besitze, die man durch Versuche bei einer gleich dicken Platte desselben Metalles gefunden hat.

Ganz vorzüglich endlich empfehlen sich zu Erlangung der nöthigen Sicherheit die Manometrischen Ventile, zu denen man leicht das S. 528. angegebene Queckſilbervisir einrichten kann, wenn man demselben die gehörige Weite gibt. Es besteht in einer gebogenen Röhre, welche mit Queckſilber gefüllt ist, auf die von innen der Dampf drückt. Sie haben vor allen anderen Ventilen den Vorzug, daß ihre Thätigkeit nicht erst im Augenblicke der Gefahr eintritt, sondern aus dem wechselnden Stande des Queckſilbers kann man in jedem Augenblicke sehen, welches die Elasticität des in dem Kessel enthaltenen Dampfes sei, und kann darnach das Feuer verstärken oder schwächen. Die Röhre muß so lang sein, daß, wenn der Dampf den höchsten ihm erlaubten Druck übersteigt, das Queckſilber aus derselben herausgedrängt wird, und der Dampf durch sie entweichen kann. Statt der Queckſilbersäule kann man sich bei Kesseln mit niedererem Drucke noch passender einer Wassersäule bedienen. Eine solche Röhre zeigt die Fig. 211. TW ist diese Röhre, welche mit ihrer unteren Mündung einige Zoll unter dem Wasserspiegel steht, und unten umgebogen ist, damit von der Bodenfläche des Kessels kein Dampf in sie aufsteigen kann. Wird durch den stärker drückenden Dampf das Wasser aus dem Kessel gehoben, so wird dieses durch die Röhre U abgeführt, und wenn der Dampf, nach Vertreibung des Wassers, aus dem Kessel durch das Sicherheitsrohr tritt, so entweicht derselbe durch die Röhre V. Das Wasser muß diejenige Höhe in der Röhre haben, welche dem Drucke des Dampfes bei dem gewöhnlichen Gange des Kessels entspricht, also für jedes Pf. Druck auf den Quadratzoll etwa $2\frac{1}{2}$ Fuß Wasserhöhe. Wenn der Dampf im Kessel eine höhere Elasticität erreicht, so wird er das Wasser in die Höhe treiben, der Schwimmer a wird niedersinken, und aus dem Speiserohre M kaltes Wasser einlassen, der Kessel also abgekühlt, und dadurch das gehörige Verhältniß im Kessel wieder hergestellt werden. Tritt das Speisewasser nicht schnell genug ein, so entweicht der Dampf durch das Sicherheitsrohr. Bei Kesseln mit hohem Drucke würde eine solche Röhre, so wie die Röhre M des Speiseapparates zu lang werden (S. S. 519.).

Digitized by Google

Für Dampfkessel mit hohem Drucke gibt Prechtl einen Vorschlag, wo ein Ventil mittelst eines durch einen Pumpenkolben in Bewegung gesetzten Hahnes hergestellt wird. a a (Fig. 225.) ist der durch die Stopfbüchse b b sperrende Kolben, der in dem Stiefel c sich befindet, mit welchem die Röhre d von beiläufig gleicher Weite communicirt. Die Wanddicke dieser communicirenden Röhre braucht nicht stark zu sein, da der Druck von außen und innen stets gleich ist. Die Stopfbüchse mit dieser Röhre ist auf dem Kesseldeckel e e befestigt. f f ist ein mit der Kolbenstange verbundener hinreichend starker Arm, dessen Verlängerung f mit dem Griffe des Hahnes g, nach der in der Fig. A angezeigten Weise, nämlich mit dem Puncte h verbunden ist, so daß bei der Auf- und Niederbewegung der Kolbenstange der Hahn g eine Viertelswendung macht, indem bei dem tiefsten Stande in h der Arm f auf der Stopfbüchse aufruht, bei dem Stande i hingegen der Hahn ganz geöffnet ist. Die Durchbohrung dieses Hahnes ist der oben (S. 525.) berechneten Oeffnung*) gleich. Die communicirenden Cylinder c d sind mit Oehl gefüllt. Das Gewicht p ist so regulirt, daß, mit Einschluß der Reibung in der Stopfbüchse und des Widerstandes des Hahnes, dessen Druck der erforderlichen Ventilbelastung für den Querschnitt der Kolbenstange a gleich ist. In den Theil der Röhre o oberhalb des Hahnes ist gleichfalls etwas Oehl eingegossen. Da hier die Kolbenstange immer mit Oehl in Berührung ist, welches durch den Druck des Dampfes in die Stopfbüchse dringt, so bleibt die Bewegung derselben immer ungehindert. Diese Einrichtung hat außer der Sicherheit den Vortheil, daß sie nur jedesmal so viel Dampf durch den Hahn austreten läßt, als grade nöthig ist.

Bei weitem weniger gefährlich, als die eigentlichen Kessel, sind selbst im Falle, daß sie zerreißen, die Röhrenkessel, und es wäre daher zu wünschen, daß überall, wo es thunlich wäre, statt der Dampfkessel Röhrenapparate bei den Dampfmaschinen anzubringen. Es ist sehr beachtenswerth, was Hebert über dieselben in Vergleich mit den Dampfkesseln sagt: „Ich habe öfters Röhrenkessel bei Roth- und Weißglühhitze ohne allen Nachtheil springen sehen, obschon, wenn man dieses Phänomen noch nie gesehen hat, der Lärm und die Gewalt, mit welcher der Dampf ausfährt, den Neuling allerdings erschrecken muß. In allen Fällen, die ich beobachtete, hatte ein Zerreißen des Kessels statt, und der Riß betrug 1 bis 4 Zoll. Gewöhnlich hatte er an jenem Theile einer Röhre statt, wo die Schweißung mehr oder minder unvollkommen war, oder wo aus anderen Ursachen das Metall nicht die gewöhnliche Dicke hatte. Der innere Durchmesser dieser Röhre betrug kaum 1 Zoll; die Dicke war meistens $\frac{3}{16}$, an den schwächsten Stellen aber ungefähr nur $\frac{1}{8}$ Zoll. Obschon man die Kraft des Dampfes, die solche Wirkungen zu erzeugen vermag, mit Sicherheit zu mehreren Centnern auf den Zoll im Minimum berechnen kann, läßt sich doch das Maximum nicht mit Sicherheit bestimmen, wenn man nicht weiß, wie viel die Zähigkeit des

*) Deren Durchmesser in Zollen $d^2 = 0{,}00815\ F \sqrt{\frac{k}{p}}$, wo F die verdampfende Fläche des Kessels ist, k und p die gewöhnliche Bedeutung haben.

Digitized by Google

Metalles durch die große Hitze, welcher man dasselbe aussetzte, gelitten hat. Indessen ist durch die bisherigen Erfahrungen bei dem Bersten dieser Röhren erwiesen, daß, mag dieses durch Nachlässigkeit des Mechanikers, durch Bosheit, (wo eine solche möglich wäre), durch Zufälligkeiten, Fehler in der Pumpe, an der Sicherheitsklappe, oder wodurch immer entstehen, keine persönliche Gefahr bei demselben statt haben kann. Im Falle, daß ein Kessel von gewöhnlicher Größe rothglühend wird, weil die nöthige Menge Wassers nicht in denselben gelangte, und dann wieder plötzlich Wasser in denselben einströmt, so ergibt sich, daß das Unheil einer Berstung eines solchen Kessels sich zu einer Berstung eines Röhrenkessels genau wie die Durchmesser verhält. Das Abbrühen mit siedendem Wasser verhält sich also bei gleicher Länge der Röhren wie die Durchschnittsflächen der Röhren. Diese sind an dem Röhrenkessel = 0,785. Der Durchmesser eines gewöhnlichen Dampfkessels (nur zu 24 Zoll) gibt eine Durchschnittsfläche von 452,39 Zoll. Der Kessel wird also 576 Mal mehr heißes Wasser bei seinem Bersten, und zwar mit größerer Gewalt auswerfen als der Röhrenkessel Man kann allerdings sagen, daß ein Röhrenkessel durch den Riß alles Wasser nach und nach ausspritzt; allein es läßt sich hier wieder leicht abhelfen; der Strahl ist nur so klein wie bei einem kleinen Springbrunnen, während bei einem gewöhnlichen Kessel ein ganzes Meer herausgeschleudert wird, und die Stücke Metall mitunter laufen. Es verdient ferner besonders bemerkt zu werden, daß, da die Sicherheiten bei Dampfkesseln sich umgekehrt verhalten wie ihre Durchmesser *) der 24 zöllige Kessel 24 Mal so dick sein muß als der zöllige Röhrenkessel, wenn er denselben Druck aushalten soll, wie dieser, d. h., daß er $4\frac{1}{2}$ Zoll dick sein muß! Es ist überflüssig, zu bemerken, daß wenn ein solcher Kessel auch zu machen wäre, er doch nie zu brauchen sein würde".

Es ist zu Anfang dieses Artikels gesagt worden, daß man zuerst Spuren des Gedankens an eine Dampfmaschine in einem Werke des Marquis von Worcester gefunden habe; indessen ist, nach Arago, Salomon de Caus der Erfinder der Dampfmaschinen, insofern er, in einem schon 1615 herausgegebenen Werke, einen Apparat zu Hebung des Wassers beschrieb, bei welchem der Dampf durch directen Druck wirkte. Arago behauptete, Salomon de Caus sei ein Franzose gewesen, wogegen Baumgartner aus dem Titel der deutschen Ausgabe jenes zuerst französisch erschienenen Buches sich zu beweisen bemüht, daß derselbe ein Deutscher war. Der Titel jenes Werkes heißt: Von gewaltsamen Bewegungen, Beschreibung etlicher sowol nützlichen als lustigen Maschinen beneben unterschiedlichen abriessen, etlichen Höllen oder Grotten und Lust Brunnen durch Salomon de Caus churfürstlicher pfalzischer Inginer und Baumeister, erstlich in Französischer, jetzundt aber in unsere deutsche Sprach an Tag gegeben. Baumgartner setzt hinzu, wie könnte der Verfasser sagen, in unserer deutschen

*) Zu Herstellung gleicher Sicherh. müssen die Dicken mit den Durchmessern wachsen. S. S. 517.

Digitized by Google

Sprache, wenn er sich nicht zu den Deutschen rechnete. So wäre hiernach auch diese, wie die meisten großartigen Erfindungen, ein Eigenthum der Deutschen.

Die ersten Dampfmaschinen scheinen zwar in England ausgeführt worden zu sein; indeß kamen deren schon sehr zeitig auch nach anderen Ländern, so eine Savary'sche durch Peter den Großen nach Petersburg 1718, welche das Wasser 29 englische Fuß aufsog, und dann noch 11 Fuß in die Höhe trieb; 1722 eine Newcomen'sche nach Ungarn, eine andere nach Cassel, eine dritte nach Wien. Eine große Watt'sche Dampfmaschine errichtete Bückling 1788 bei Hettstädt im Mansfeldschen, und eine andere für die Saline Schönebeck bei Magdeburg. In Frankreich wurden die Dampfmaschinen am frühesten und zahlreichsten in Anwendung gebracht. Die größte Anwendung zur Schiffahrt hat aber die Dampfmaschine in neueren Zeiten in Amerika gefunden. Jetzt befinden sich Dampfmaschinen für die Bergwerke sogar auf den Cordilleren in Chile in einer Höhe von 18,000 Fuß.

Es ist interessant, eine Uebersicht der Kosten der Dampfmaschine zu haben. In Ermangelung einer anderen theile ich die von Muncke gegebene mit. In der Cockerill'schen Fabrik bei Lüttich kosten ohne Emballage.

Maschinen	für	2	bis	3	Pferdekräfte	10000	Franks
—	—	4	—	—	—	14000	—
—	—	8	—	—	—	20000	—
—	—	16	—	—	—	32500	—
—	—	20	—	—	—	40000	—
—	—	30	—	—	—	50000	—
—	—	50	—	—	—	72000	—

Die Watt'schen Maschinen zu Bolton kosten:

Maschinen	für	2	Pferdekräfte		4500	Franks	
—	—	—	4	—	—	8750	—
—	—	—	8	—	—	13000	—
—	—	—	10	—	—	14500	—
—	—	—	12	—	—	16000	—
—	—	—	20	—	—	22500	—
—	—	—	30	—	—	30000	—

Die Freund'schen Maschinen in Berlin kosten:

Maschinen	für	1	Pferdekraft		2000	Rthlr.	Pr.	C.
—	—	—	2	—	—	3000	—	—	—
—	—	—	4	—	—	4000	—	—	—

und von hier an steigen die Preise um 1000 Rthlr. für 2 Pferdekräfte *).

*) Statt des Dampfes hat man vorgeschlagen, sich anderer expansibler Flüssigkeiten als Beweger von Maschinen zu bedienen. So construirte Niepce eine Maschine, die er Pyréolophore nannte, wo durch Hitze ausgedehnte Luft das bewegende Mittel war. Davy schlägt vor, sich comprimirter Gasarten statt des Dampfes zu bedienen, da man gefunden hat, daß einige Gasarten sich in der Kälte in einen sehr engen Raum bis zur Verwand-

Digitized by Google

Es liegt in der Natur der Sache, daß man von der Dampfmaschine die mannigfaltigsten Anwendungen*) machen könne, und ich will daher nur der beiden wichtigsten und interessantesten Erwähnung thun, nämlich der Anwendung zur Schiffahrt und zum Fortbewegen von Wagen auf Landstraßen.

Die Dampfschiffe sind im Allgemeinen alle so eingerichtet, daß ein oder zwei Schaufelräder, welche in das Wasser eingreifen, durch eine oder zwei auf dem Schiffe befindliche Dampfmaschinen in Gang gebracht, und so das Schiff durch mächtige Ruder in Bewegung gesetzt wird. Die Seedampfschiffe führen außerdem noch Segel, die sie bei günstigem Winde benutzen, um einen Theil der Kraft zu ersetzen, und den Kohlenverbrauch der Maschine vermindern zu können. Im Allgemeinen sind die Dampfschiffe flach gebaut; der Durchmesser der Räder ist selten unter 4 Metres; die Schiffe, welche längere Zeit der Strömung entgegenfahren müssen, haben gewöhnlich 1 Kiel und 2 Räder, wogegen Schiffe, welche immer in stillem Wasser fahren, 2 Kiele und 1 Rad haben. Das Rad befindet sich zwischen beiden Kielen. Diese letzte Art ist jedoch weniger brauchbar und daher auch weniger in Anwendung. Als Erfinder der Dampfschiffe ist schon S. 486. Jonathan Hulls erwähnt worden, doch war der von ihm angegebene Mechanismus, durch welchen die geradlinige Bewegung der Kolbenstange in eine rotirende verwandelt werden sollte, nicht wohl ausführbar. Der erste, welcher ein Dampfschiff wirklich herstellte, war Perier 1775. Dieses Schiff fuhr auf der Seine, aber nur sehr langsam, indem die effective Wirkung der Maschine nur 1 Pferdekraft betrug. In Amerika baute zuerst 1787 Fitch ein Dampfboot, mit dem er auf dem Delaware fuhr, das sich aber auch nur sehr langsam bewegte. Es wurden viele Vor-

---

lung in tropfbare Flüssigkeit zusammendrücken lassen, und durch die Wärme mit einer sehr großen Gewalt ausdehnen. Auch hat man Dämpfe anderer Flüssigkeiten als das Wasser vorgeschlagen, aber gefunden, daß deren keiner brauchbarer als der Wasserdampf ist. Schon darum ist der Wasserdampf allen anderen vorzuziehen, weil er der wohlfeilste ist. Endlich hat man die Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten durch die Wärme, namentlich des Alkohols, benutzen gewollt; indeß ist diese Ausdehnung bei aller tropfbaren Flüssigkeit immer noch zu gering, um als Beweger von Maschinen gebraucht zu werden.

*) Von der ersten und einfachsten Anwendung zu Hebung des Wassers ist im Vorhergehenden gesprochen worden. Man hat, namentlich seit Perkins, den Dampf auch statt des Schießpulvers zum Fortschleudern von Kugeln anzuwenden versucht; indessen wird der Dampf in dieser Hinsicht nie eine allgemeine Anwendung finden, weil man zu große und zusammengesetzte Apparate zu Herstellung eines Dampfgeschützes bedarf. Auch erfordert es eine längere Vorbereitung, bis der Dampf in Wirksamkeit tritt, wo dann zwar die Schüsse sehr schnell auf einander folgen. Prechtl hat weitläufig und klar bewiesen, daß die Wirkungen des Dampfes in der Ballistik an die Stelle derer des Schießpulvers nicht treten können.

Digitized by Google

schläge und Versuche gemacht; das erste schneller fahrende Schiff aber brachte nach dem Jahre 1807 Fulton zu Stande. Das Schiff hieß Clermont und fuhr von New-York bis Albany, welches eine Strecke von 120 Seemeilen ist, 32 Stunden hin und 32 Stunden zurück. Hierauf ließ er noch eine Menge anderer Dampfboote erbauen, unter anderen die 1815, bald nach seinem Tode, vollendete große Dampffregatte. Dieselbe besteht aus 2 langen Booten, deren jedes 66 Fuß lang ist, und die 15 Fuß von einander abstehen, in welchem Zwischenraume sich das Schaufelrad befindet, zu dem das eine Boot die Dampfmaschine, das andere den Dampfkessel trägt. Die ganze Fregatte hat 2 starke Masten mit Segeln, 2 Bogspriets und an jedem Ende 1, also im Ganzen 4 Steuerruder, so daß sie sich sowohl vorwärts als rückwärts bewegen läßt. Für die Bewaffnung ist der Raum auf dem Hauptverdecke angerichtet, so daß dieselbe durch eine Brustwehr von massivem Zimmerholze geschützt wird. Es sind 32 Schießscharten und Kanonen angebracht, aus denen glühende Kugeln geschossen werden sollen. Außerdem kann die Dampfmaschine mittelst mehrerer Pumpenwerke siedendes Wasser gegen die feindlichen Schiffe spritzen. Die Geschwindigkeit dieser Dampffregatte betrug beinahe 6 engl. Meilen in einer Stunde, wenn sie mit der Bemannung fuhr. Es sollten mehrere Fregatten zur Bedeckung der Küste erbaut werden. In England machte zuerst Miller 1788 Versuche mit Dampfschiffen. 1801 fuhren Bunter und Dikkinson auf der Themse, und Symington brachte zuerst ein Dampfboot von der noch jetzt gebräuchlichen Bauart in den Forth- und Clydekanal. Jetzt ist die Anzahl der Dampfboote und Dampfschiffe sehr groß. Schon im Jahre 1822 fuhren auf dem Missisippi in Amerika und auf dessen Nebenströmen 18 Dampfschiffe von 40 bis 443 Tonnen, die zusammen 7259 Tonnen hielten.

Auf den amerikanischen Dampfbooten befindet sich gewöhnlich nur 1 Dampfmaschine, bei den englischen Dampfbooten hingegen, die meistens in die See gehen, sind 2 Maschinen angebracht. Diese stehen neben einander, und der Balancier einer jeden greift dann in einen an der Welle der Ruderräder befindlichen Krummzapfen, so daß diese beiden Krummzapfen unter rechten Winkeln an der Welle sitzen, und wenn der eine senkrecht steht, der andere die horizontale Lage hat. Die Einrichtung der Dampfmaschinen ist in wesentlichen Theilen dieselbe, wie auf dem Lande. Man läßt dieselbe aber gewöhnlich ohne Expansion wirken, weil man hierzu größerer Cylinder bedürfte, den Raum aber so sehr als möglich sparen muß, und weil durch die Expansion die Bewegung ungleichförmiger werden würde. Alle Theile werden möglichst leicht und doch dabei fest gearbeitet; daher man sich des Gußeisens außer zum Cylinder gar nicht bedient. In Nord-Amerika bedient man sich vorzugsweise der Dampfmaschinen mit hohem Drucke, weniger in England. Die Ruderräder haben eiserne Wellen, die Speichen und Schaufeln sind theils von Eisen theils von Holz. Doch bei Seebooten macht man die Ruderräder stets völlig aus Eisen, nur die Schaufeln zuweilen aus Holz, weil zur See der Wellenschlag heftiger ist. Die Axe, um welche sich die Räder drehen, muß senkrecht auf dem Kiele des Schiffes stehen,

Digitized by Google

und die Schaufeln müssen so gestellt sein, daß ihre verlängerten Ebenen in die Axe fallen. Die Ruderräder befinden sich zu beiden Seiten der Mitte des Schiffes, oder etwas weiter nach dem Vordertheile hin. Außer den erwähnten Schiffen mit Einem Ruder hat man auch Schiffe mit 4 Ruderrädern, von denen 2 am Vordertheile, 2 am Hintertheile stehen, gebaut. Diese Schiffe lassen sich aber schwer lenken, und sind durch die 4 Räder unnöthig mehr belastet. Man hat viele Verbesserungen der Ruderräder vorgeschlagen, unter anderen die vortheilhafte, die beiden Seitenwände des Ruderrades zu bedecken, so daß die Schaufeln zwischen zwei Wänden eingeschlossen sind, das Wasser also nicht nach den Seiten ausweichen kann.

Was das Verhältniß der einzelnen Theile betrifft, so führe ich nur die von einem amerikanischen und englichen Dampfschiffe als Beispiel an. Bei dem nordamerikanischen Dampfschiffe Chancelor Livingston beträgt:

die Länge des Schiffes.	47,55	Metres
die Breite desselben.	10,06	—
die Eintauchung.	1,83	—
die Anzahl der Umdrehungen der Räder und Kolbenhübe in einer Minute.	17	
der Durchmesser der Räder.	55	—
die Anzahl der Schaufeln.	8	—
die Länge derselben.	1,95	—
Höhe der Schaufeln.	0,90	—
Geschwindigkeit des Schiffes in einer Minute	2,9	—
Spannung des Dampfes der Maschine in Metern Quecksilber.	0,95	—
Geschwindigkeit des Kolbens in einer Secunde.	0,86	—
Durchmesser des Kolbens.	1,016	—

Beim englischen Dampfschiffe Der mit 2 Maschinen beträgt:

die Länge des Schiffes.	50,81	—
die Breite.	9,15	—
die Eintauchung.	3,05	—
die Anzahl der Umdrehungen der Räder in einer Minute.	20	
der Durchmesser der Räder.	6,10	—
die Länge der Schaufeln.	3,05	—
der Durchmesser des Cylinders.	135	Centimetres
die Hubhöhe.	152	— —
die Anzahl der Kolbenhube in einer Minute	20	— —
die Anzahl der Pferdekräfte beider Maschinen zusammen.	200 bis 272.	

Die Dampfwagen oder Dampfkutschen sind Wagen, die durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt werden. Die ersten, welche Vorschläge zu Herstellung eines solchen Fuhrwerkes gemacht haben, sollen Gautier 1755 gewesen sein, und Robison, ein Freund Watt's, 1759. Das erste Patent, welches zu Erbauung von Dampfwagen ertheilt.

Digitized by Google

wurde, wurde 1787 in Pensylvanien und Maryland dem Mechaniker Evans gegeben. Evans brachte zwar keinen Dampfwagen zu Stande, aber wir finden in seinem Werke die merkwürdige Prophezeiung: „Ich bin fest davon überzeugt, daß die Zeit kommen werde, daß man sich der vom Dampfe getriebenen Fuhrwerke allgemein dazu bedienen wird, um auf guten Landstraßen sowohl Passagiere als Güter mit einer Geschwindigkeit von 15 Meilen auf die Stunde, oder 300 Meilen auf den Tag zu transportiren.“ Der erste Dampfwagen wurde hergestellt, wie schon S. 489. bemerkt worden, von Trevethick und Vivian. Sie erbauten erst eine Maschine mit hohem Drucke, und gewannen so eine, auf einen sehr kleinen Raum beschränkte, wirksame Dampfmaschine, die sich bequem auf einem Wagen anbringen ließ. Der von ihnen 1804 hergestellte Wagen bestand aus einem gußeisernen Kessel, der auf vier Rädern stand, und in dessen Innerem sich der Herd befand. In dem einen Ende des Kessels war der Cylinder befestigt. Die Kolbenstange trug ein Querstück, und senkrecht errichtete Stangen dienten beim Hinauf- und Heruntergehen die Kolbenstange mit dem Querstücke so zu regieren, daß sich dieselbe nicht nach den Seiten neigen, sondern nur in senkrechter Richtung bewegen konnte. Von den Enden der Querstange gehen nun Stangen herab, welche sich um die Querstange, wie um eine Axe drehen können, und an ihrem unteren Ende in Krummzapfen eingreifen, mittelst derer sie die Vorderräder des Wagens umdrehen, gerade so, wie bei Spinnrädern mit dem Fuße das Rad durch eine Stange und einen Krummzapfen in Bewegung gesetzt wird, nur daß die bewegende Kraft beim Dampfwagen oberhalb angebracht ist. Man sieht sogleich ein, daß der Wagen sich nur durch die Reibung der Räder auf dem Fußboden vorwärts bewegt. Ist dieser sehr glatt oder schlüpfrig, so bleibt die Maschine stehen, obschon sich die Räder fortwährend drehen. Ferner kann sich das Rad durch die Krummzapfen auch in der entgegengesetzten Richtung, als welche man beabsichtigt, umdrehen, wie man ja auch bei Spinnrädern bemerkt, daß sich das Rad, wenn es ein Ungeübter in Bewegung zu setzen versucht, oft in entgegengesetzter Richtung dreht. Man pflegt daher dem Spinnrade mit der Hand diejenige Richtung zu geben, in der es sich drehen soll. Die Erfinder mußten es bald aufgeben, auf den gewöhnlichen Landstraßen zu fahren, weil diese zu ungleich waren. Sie ließen daher ihre Maschinen in einer Eisenbahn gehen, und ein solcher Wagen, an dem die Lastwagen hinten angehängt wurden, fuhr 1805 bei den Kohlenminen in South-Wales. Er zog Wagen mit $10\frac{1}{2}$ Tonnen beladen, und legte damit $5\frac{1}{2}$ engl. Meilen in einer Stunde zurück.

Bei der Bewegung in Eisenbahnen konnte die Reibung der Räder beim Hinauffahren auf geneigten Geleisen den Wagen nicht immer fortbewegen, und man brachte daher, um die Reibung stärker zu machen, an dem Radkranze Hervorragungen an, wodurch jedoch das Geleis litt. Beide erwähnte Schwierigkeiten suchte Blenkinsop zu beseitigen.

Derselbe ließ sich nämlich ein Patent auf eine Eisenbahn geben, neben deren Geleise eine gezahnte Stange angebracht war, in welche ein großes, durch die Maschine in Bewegung gesetztes Zahnrad eingriff, so

Digitized by Google

daß also bei der Bewegung dieses Zahnrades nach einer und derselben Richtung, der Wagen unter allen Bedingungen sich vorwärts bewegen mußte; um aber zu bewirken, daß die Umdrehung des Rades stets in demselben Sinne geschehe, brachte er zwei Cylinder bei seiner Maschine an, so daß die Kolbenstange des einen gerade dann immer am wirksamsten auf die Drehung des Rades war, wenn dasselbe durch die Kraft der andern Kolbenstange sich auf einem Schwankungspunkte befand, d. h. auf einem Punkte, wo die Drehung des Rades in die entgegengesetzte Drehung umschlagen konnte.

Wann solche Schwankungspunkte eintreten, ist leicht einzusehen. Denken wir uns ein einfaches Rad mit einem Krummzapfen, das durch Herauf- und Hinuntergehen einer Stange bewegt wird, so werden die Punkte, in denen das Rad bei seiner Bewegung in die entgegengesetzte Bewegung umschlagen kann, nur die sein, wo die herauf- und herabgehende Stange das Rand entweder senkrecht herauf oder senkrecht herabzieht. In diesem Augenblicke ist es unentschieden, ob die geradlinige Bewegung das Rad nach der rechten oder nach der linken Seite zu in Bewegung setzen wird. Ist das Rad einmal in Bewegung, so wird die Richtung, der es, dem Gesetze der Trägheit gemäß, mit einer gewissen Kraft folgt, den Ausschlag geben, sobald diese Kraft nicht durch irgend einen Umstand grade in dem entscheidenden Augenblicke aufgehoben wird. Damit dieses nun nicht geschehe, sind bei der Blenkinsop'schen Maschine zwei Cylinder angebracht, so, daß die Kraft des einen Kolbens immer dann den Ausschlag gibt, wenn durch die Bewegung des anderen ein Schwankungspunkt eingetreten. Die von dem Kolben herabgehenden Verbindungsstangen drehten zwei kleine Stirnräder, die zu beiden Seiten in ein größeres Stirnrad eingriffen, welches an der Axe des noch größeren gezahnten Rades befestigt war, das in die gezahnte Stange eingriff, und so die Maschine fortzog. Wenn der Krummzapfen des einen Rades senkrecht stand (also ein Schwankungspunkt der Bewegung eingetreten war), hatte der Krummzapfen des anderen Stirnrades die horizontale Lage, so daß die Drehung nur in einem Sinne geschehen konnte. Die gezahnte Stange befand sich nur an der einen Seite des Weges, und der Kessel stand auf einem vierrädrigen Gestelle.

Die Dampfwagen auf Eisenbahnen sind sehr mannigfaltig abgeändert worden; es ist hier aber nicht der Ort, alle diese Veränderungen anzuführen, und ich begnüge mich daher, die Schilderung eines Dampfwagens mitzutheilen nach der Beschreibung, welche Prechtl von demselben gibt. Dieser Dampfwagen „Novelty" fuhr 1829. 20¾ engl. Meilen in einer Stunde, folglich war die Geschwindigkeit eines Punktes der Peripherie des Rades 30, 4 engl. Fuß in der Secunde. Die Maschinerie auf dem Wagen hatte ein Gewicht von 6160 Pfd., das Wasser im Kessel wog 450 Pfd., das im Behälter 1244 Pfd.; der Vorrath an Koax betrug 76 Pfd., also zusammen 7130 Pfd. Die angehängte Last hatte das dreifache Gewicht des Dampfwagens, betrug also 23790 Pfd.; das Verhältniß des Halbmessers der Axe zum Halbmesser des Rades war = 1 : 25; bei den Lastwagen war dasselbe Ver-

Digitized by Google

hältniß = 1 : 45. Das Moment der Kraft, welche nöthig war, um den Wagen in der genannten Geschwindigkeit zu erhalten, nachdem er dieselbe vom Anfang seiner Bewegung an allmählig erreicht hatte, war, wie aus den vorhergehenden Angaben folgt, 5785, 1 Pfd. in 1 Secunde auf 1 Fuß gehoben, oder die Kraft von 10½ Pferden.

Dieser Dampfwagen, den Fig. 226.) darstellt, ist von Braithwaite und Ericson erbaut worden. F ist das Wagengestell und E der cylinderförmige Dampfkessel, A die Dampfkammer. Durch den Aufsatz L wird das Brennmaterial in den Feuerherd bei S gebracht; durch die Röhre K wird von einem Gebläse C durch die Röhre K Luft unter den Rost in den Aschenherd M getrieben. Durch das Ventil H gelangt der Dampf in das Dampfrohr, welches denselben den zwei Cylindern T zuführt. D′ ist der Wasserbehälter; die ganze Maschine ruht auf Federn, die auf der Stange A′ ruhen, welche das vordere und hintere Gestell verbindet. Wie bei allen englischen Eisenbahndampfwagen, ist auch bei diesem die Axe der Wagenräder mit den Naben fest verbunden. Die Axe hat zwei unter einem rechten Winkel gestellte Krummzapfen, auf welche die Schubstangen wirken, welche mit der Kolbenstange in Verbindung stehen. Indem sich so die Axe umdreht, drehen sich zugleich die an ihr befestigten Räder. Die Schubstange ist mit dem Querstücke der Kolbenstange verbunden, und wirkt auf den Winkelhebel G N, der sich um O dreht, und dieser setzt mittelst der Stange Q, welche einen der Krummzapfen der Axe faßt, diese in Bewegung. Durch eine solche Einrichtung werden die Störungen vermindert, welche sonst durch die Schwankungen der Federn, bei der Wirkung der Kolbenstangen auf die Krummzapfen, stattfinden würden.

Man hat in neuerer Zeit Versuche gemacht, mit Dampfwagen auch auf gewöhnlichen Straßen zu fahren. Die Schwierigkeiten, welche sich dem entgegensetzen, sind schon im Vorhergehenden angedeutet worden. Auf Eisenbahnen setzt sich der Bewegung fast nur ein Widerstand an den Axen entgegen; bei den Dampfwagen auf gewöhnlichen Straßen aber kommt hierzu noch ein Widerstand an dem Umfange der Räder wegen der viel größeren Unebenheit des Bodens, und man kann rechnen, daß bei gleicher Last und gleicher Geschwindigkeit auf einer guten, festen Straße ein Dampfwagen eine zehnmal größere Kraft nöthig habe, als auf einer Eisenbahn. Daher ist es bei solchen Wagen noch nöthiger, als bei den vorhin erwähnten, die Dampfmaschine selbst von einem Gewicht herzustellen, welches so klein als möglich ist. Prechtl sagt, daß die Kraft des Dampfapparates bei dem oben beschriebenen Novelty, dessen Wagen für sich allein mit Maschinerie und Zubehör an 80 Centner wiegt, der aber außerdem noch 238 Centner Last mit einer Geschwindigkeit von 30, 4 Fuß in einer Secunde auf der Eisenbahn fortzuschaffen vermochte; den Wagen allein auf einer ebenen, guten Straße nur mit 14 Fuß in einer Secunde ohne alle Nutzlast fortzutreiben im Stande sein würde. Ein zu schwerer Wagen mit schmalen Rädern würde auf minder festem Boden in den tiefen Geleisen leicht festsitzen; daher muß die Last lieber auf mehrere Räder vertheilt werden, die Räder müssen breite Felgen erhalten,

Digitized by Google

und die fortzuschaffende Last muß nicht auf den Dampfwagen, sondern auf darangehängte Lastwagen gelegt werden. Da diesen Wagen ihre Bahn nicht durch das Geleis selbst angewiesen ist, wie bei den Eisenbahnmaschinen, so müssen sie mit einer Vorrichtung versehen sein, durch welche sie gelenkt werden können. Gewöhnlich wirkt die Dampfmaschine auf die Hinterräder des Wagens, und die Lenkung geschieht durch ein oder beide Vorderräder, wie bei einer Draisine. Auch muß die Maschine möglichst vor Stößen gesichert sein, welche auf gemeinen Straßen so häufig vorkommen. Man setzt sie deßhalb auf Federn. Der erste derartige Dampfwagen wurde 1820 in Wien nach Arzbergers Plane von Griffith ausgeführt. Griffith ging darauf nach England, und besorgte auch dort die Erbauung einer Dampfkutsche, von der aber wegen mangelhafter Beschaffenheit des Röhrenkessels kein weiterer Gebrauch gemacht worden ist. Die erste ausgedehntere Anwendung fanden diejenigen Dampfkutschen für gewöhnliche Straßen, welche Gurney 1831 vollendet hatte, und vier Monate zwischen Gloucester und Cheltenham regelmäßig fuhren. Wegen der ungeheuren Zölle, welche auf diese Wagen gelegt wurden, mußte diese Fahrt aber wieder aufgegeben werden. Gurney hatte gefunden, daß auf Landstraßen die Reibung hinlänglich wäre, um den Wagen auch bergauf zu bewegen, nur mußte der Dampf allmählig angelassen werden (welches allmählige Anlassen des Dampfes man das Drahtziehen nennt). Wurde der Dampf plötzlich angelassen, so drehte sich das Rad herum, ohne daß die Kutsche fortfuhr. Die Maschine wirkte bei dem Gurney'schen Dampfwagen auf die Krummzapfen der hinteren Axe; an den Hinterrädern waren in der Mitte die Naben der Büchsen wie bei gewöhnlichen Rädern beschaffen, so daß sie sich erforderlichen Falles auf ihren Axen drehen konnten. Für gewöhnlich waren sie aber an der Axe mittelst einer runden Platte, die an einem sechseckigen Zapfen am Ende jeder Axe paßte, festgeschlossen. Eine ähnliche Platte war nämlich dicht neben der eben erwähnten an die Radnabe befestigt, und die beiden Platten waren mit Bolzen und Schraubenmuttern an einander befestigt, welche nöthigenfalls wieder herausgenommen werden konnten. Einer der Hauptvorzüge der Gurney'schen Erfindung besteht in dem Kessel. Dieser nämlich wird aus drei Cylindern zusammengesetzt, welche über einander stehen, und unter einander durch je zwei weite Röhren in Verbindung gesetzt sind. Zwischen dem unteren und dem mittleren Cylinder ist außerdem eine Anzahl von Röhren geführt, so daß jede dieser den oberen und den unteren Cylinder verbindenden Röhren in Gestalt eines Trapezes geführt ist. Zwischen diesen Röhren befindet sich das Feuer, zu welchem der Eingang, die Ofenthüre, zwischen dem unteren und mittleren Cylinder sich befindet. Zwischen dem oberen Theile der Röhre hindurch strömt der Dampf nach dem Schlote. Der oberste ist der größte Cylinder, in welchem sich der Dampf sammelt. Zu Vermehrung des Zuges, läßt Gurney den Dampf, der bereits im Cylinder gedient hat, durch mehrere kleinere Mundstücke aufwärts in den unteren Theil des Rauchfangs einblasen. Einen von Gurney ausgeführten Wagen stellt Fig. 227. vor. A ist die Lage des eben beschriebenen Kessels, B das Dampf-

rohr, welches vom Kessel aus, unter dem Bauche des Wagens, bis zum festen Punkte N und von da herab nach den Ventilkapseln C der Cylinder DD streicht. NN ist ein Drehungspunkt oder Gewinde, auf welchem der Kasten, wenn die Feder der Hinteraxe spielt, steigt und fällt. Die Cylinder DD sind, wie man sieht, wagerecht gelegt, und ihre Kolben bewegen sich zwischen den Stangen GG so, daß die Parallelbewegung der Kolben durch das Rad E, welches seine Axe in der Kolbenstange hat, und zwischen den beiden parallelen Stangen GG läuft, erhalten wird. Durch dieses Rad geht eine Spindel oder Axe, an deren Enden eine gabelförmige oder doppelte Verbindungsstange F befestigt ist, so daß bei der Drehung des Grundzapfens K die parallelen Stangen sich auf der inneren Seite der Gabel F befinden. An der im Grundriß gezeichneten Figur sieht man dieß deutlicher, indem die beiden Gabeln dort in verschiedenen Lagen dargestellt sind, weil die beiden Kolben ihre Züge nicht gleichzeitig verrichten, damit einer den andern über den Schwankungspunkt der Bewegung helfe. Bei H befindet sich die Wasserpumpe. Jeder Cylinder ist mit einer solchen versehen, und jede derselben wird durch eine Verbindung mit der Kolbenstange des entsprechenden Cylinders in Thätigkeit gesetzt. Die Ventile werden mittelst Kurbelscheiben Z bewegt, die sich auf den Krummzapfenwellen, weiter nach den Enden zu als die Krummzapfen, befinden. Die ganz schwarz gezeichneten Stäbe in der Figur sind die Ventilstäbe. An den äußersten Enden der Krummzapfenwelle, nämlich der Hinteraxe des Dampfwagens, und zwischen der Feder und dem Rade sieht man zu beiden Seiten eine Vorrichtung PP, welche die Kraft von der Krummzapfenwelle auf den Kranz der Hinterräder überträgt, damit man diese möglich leicht verfertigen könne. Man wird bemerken, daß wenn der Treibarm P in der Durchschnittszeichnung von der Maschine aus gegen den darüber abgebildeten Zapfen gedrückt wird, das Rad sich nach jener Richtung drehen, und der Wagen sich durch die Reibung am Wege fortbewegen müsse. Auf diese Weise nimmt man nach Umständen entweder ein Hinterrad oder beide Hinterräder in Anspruch. Durch einfaches Hinwegnehmen des Zapfens bringt man es dahin, daß der Treibarm P sich dreht, ohne das Rad mit herum zu nehmen, und so läßt sich also auf eine höchst einfache Weise eines der Räder in Thätigkeit setzen. Es hat sich in der Praxis gezeigt, daß Ein Rad sogar hinreicht, um den Wagen bergauf zu bewegen. I ist die Vorrichtung zum Wenden; M das oben auf I befestigte Rad, welches der Conducteur nach derselben Richtung dreht, nach welcher der Wagen sich richten soll. Das Getriebe am unteren Ende von I greift in einen Zahnbogen, welcher sich an der vorderen Axe befindet, und es leuchtet ein, daß, wenn der auf dem Bock sitzende Conducteur das Rad M, auf dem seine Hand ruht, rechts dreht, das Getriebe die Zahnstange ebenfalls rechts herumnehmen, und die vorderen Räder rechts wenden wird. Auf dem Fußbrete befindet sich ein Hebel L, welcher, wenn er von dem Conducteur in die Höhe gezogen wird, die Bewegung der Kolben umkehrt, und auf diese Weise den Wagen zum Stillstehen oder nach Belieben zum Rückwärtsfahren bringen wird. Dieser Wagen wird nur zum Zie-

Digitized by Google

hen anderer Fuhrwerke benutzt, welche hinten an ihm befestigt werden. Auf dem Bocke sitzt der Conducteur, und im Innern desselben befindet sich der Kessel bei A, der Maschinenaufseher, das Wasser und das Brennmaterial bei R. An der höchsten Stelle des Dampfrohres B B bemerkt man einen Griff, mittelst dessen sowohl der Maschinenaufseher als der Conducteur mehr Dampf anlassen kann, indem daran gedreht wird. Der Schlot ist hinten am Wagenbauche angebracht, und das für den Kessel bestimmte Wasser wird hinter dem Kutschbocke durch eine Art von Trichter in die Cisterne eingefüllt.

Mit derartigen Dampfkutschen wurde, wie schon gesagt, zwischen Glouceſter und Cheltenham gefahren, und zwar regelmäßig täglich viermal vom 21. Februar bis zum 22. Juni 1831. Während dieser Zeit beförderten die Dampfwagen beinahe 3000 Reisende, und legten dabei 4000 Meilen (englisch) zurück, indem sie zu dem 9 engl. Meilen langen Wege im Durchschnitt 55, zuweilen nur 45 Minuten brauchten. Die einzigen Unannehmlichkeiten, die sich hierbei ereigneten, waren, daß zuweilen Röhren des Kessels schadhaft wurden, und dadurch ein Aufenthalt herbeigeführt wurde. Man legte aber den Dampfwagen alle mögliche Hindernisse in den Weg, und zwar dieß im strengsten Sinne des Wortes; denn am 22. Juni fand man die Straße an einer Stelle 18 Zoll hoch mit Steinen beschüttet, worüber der Dampfwagen mit großer Schwierigkeit zwei Mal fuhr; in Folge dieser Anstrengung aber die Hinteraxe brach. Da überdieß sehr große Zölle auf die Dampfwagen gelegt wurden, so wurde die Fahrt ganz aufgegeben.

Andere Chausseedampfwagen sind von Hancock gebaut worden, die zum Theil noch Vorzüge vor dem Gurney'schen Wagen haben mögen. Die Passagiere befinden sich nach dieser Einrichtung auf dem Maschinenwagen selbst. Besonders zeichnet sich der Kessel aus, welchen Hancock erfunden hat. Abgeplattete Kammern von etwa 2 Zoll Stärke, zwischen denen sich eben so weite Zwischenräume befanden, liegen neben einander; es sind 10 Kammern und 10 Heizkanäle vorhanden, und unter den letzten befinden sich 6 Quadratfuß Feuerraum, welchen Flächenraum der Kessel oben und unten besitzt. Die Kammern sind $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ mit Wasser gefüllt; in dem letzten Drittel befindet sich der Dampf; durch die ganze Reihe von Kammern, von oben bis unten, findet eine Communication statt, welche man mittelst zweier starken Bolzen bewirkt, welche sämmtliche Kammern zusammenschrauben; die Bodenbolzen schließen den Bodentheil, und die Deckelbolzen den Deckeltheil der Kammern zusammen, und wenn man diese Bolzen löst, geben sich sämmtliche Kammern auseinander; wenn man sie festzieht, so sind sie sämmtlich wieder dicht zusammengeschlossen. Zur Befestigung derselben bedienet man sich noch besonderer Zwingen. Der Dampf wird bei der Mitte eines der Heizkanäle herausgetrieben, und das Wasser am Boden durch die Speiseröhre eingespritzt.

Der Hauptnachtheil der Hochdruckmaschinen, deren man sich doch wegen ihrer großen Einfachheit allein bei Dampfwagen füglich bedienen kann, besteht in dem Wärmeverlust, den man erleidet, weil der ausgenutzte Dampf nicht condensirt, sondern fortgeblasen wird. Das Mit-

nehmen von Condensirwasser würde den Wagen zu stark belasten; um indeß diesem Uebelstande abzuhelfen, brachte Gordon bei seinem Dampfwagen neben dem Wagenkasten ein Niederschlagungsgefäß an, welches durch Verdunstung kühl gehalten wurde. Der ausgenutzte Dampf wurde nämlich aus den Cylindern in eine $5\frac{1}{2}$ Fuß lange, 5 bis 6 Zoll starke horizontale Blechröhre geblasen, von der 40 senkrechte, halbzöllige Röhren sich nach einer zweiten horizontalen Blechröhre erhoben, welche so stark war, wie die erste. Zwischen den senkrechten Röhren, und mit denselben in Verbindung waren mehrere Lagen Haartuch durchgeflochten. Auf dieses Haartuch tröpfelte beständig Wasser an verschiedenen Stellen, welches durch den Luftzug verdunstete, und durch die Abkühlung, die es veranlaßte, den Dampf niederschlug, der dann als Wasser dem Kessel wieder zuging. Der zur Verdunstung nöthige Luftzug wurde durch die Bewegung des Wagens von selbst erzeugt.

Besondere Berücksichtigung verdient auch der Kessel und Condensator, den in neuerer Zeit Trevethick erfunden, und folgendermaßen beschrieben hat. „Ich habe eine, sowohl in Ansehung des Princips als der Einrichtung, ganz neue Maschine bauen lassen. Der Herdkessel und Condensator bestehen aus 6 schweißeisernen Röhren, die aufrecht stehen, und der Sicherheit, Raumersparniß, und des gleich hohen Wasserstandes und Dampfdruckes wegen eine die andere umgeben. Der Kessel ist mit hellem, destillirten Wasser gefüllt, und arbeitet ohne allen Verlust, indem der Dampf niedergeschlagen wird, und nirgends aus der Maschine entweichen kann. Der im Condensator niedergeschlagene Dampf wird vielmehr bei jedem Kolbenhube durch eine Druckpumpe dem Kessel wieder zugeführt, und wenn die Maschine vollkommen dampfdicht wäre, so könnte sie ohne neuen Wasserzufluß unbegrenzt lange Zeit fortarbeiten; um aber den durch die Ritzen stattfindenden Abgang zu ersetzen, ist ein kleiner Destillirapparat angebracht, welcher dem Kessel in der Art destillirtes Wasser zuführt, daß die Höhe des Wasserstandes durchaus keinen Schwankungen ausgesetzt ist, und der Kessel auch nie rothglühend werden kann, indem das Wasser aus dem Kessel keinen andern Ausgang hat, als in den Condensator, und dieser ist so klein, daß wenn aus irgend einem Grunde die Druckpumpe das Wasser nicht regelmäßig in den Kessel zurücktriebe, der erste durch ein Sinken des Wasserstandes in letzterem um 1 Zoll in der Art gefüllt werden würde, daß die Maschine zum Stillstand gelangen müßte, und da das Wasser nicht entweichen kann, so braucht auch nicht viel davon im Kessel enthalten zu sein, was bei anderen Maschinen so höchst nöthig ist, damit keine bedeutenden Schwankungen im Wasserstande vorkommen, und der Kessel nicht rothglühend werden könne. Da der Kessel bedeutend kleiner ist, so kann man ihn um so stärker anfertigen, und da er nie rothglühend werden kann, so kann man mit um so viel stärkerem Drucke arbeiten. Um meiner Maschine die Kraft von 100 Pferden zu geben, und zu diesem Zwecke hinreichenden Dampf zu erzeugen, muß das Feuerrohr 3′ und der Kessel 3′ 8″ Durchmesser halten, der letztere aber nach der Theorie der Stärke des Eisens, wenn er $\frac{1}{2}$ Zoll Metallstärke besäße, einen Druck von 1736 Pfd. auf den Quadratzoll vertragen.

Digitized by Google

Dieser Druck ist viermal so stark wie der, dem die Gashalter widerstehen müssen, und 32 mal so stark wie der, mit welchem die hochdrückenden Maschinen jetzt arbeiten, woraus sich auf's Neue ergibt, daß die bisher stattgefundenen Explosionen nur daher rühren, daß der Wasserstand im Kessel zu niedrig war, und dieser aus diesem Grunde rothglühend wurde. Wenn man Kessel mittelst des Wasserdrucks auf das Zehnfache des Drucks geprüft hat, mit welchem sie später arbeiten, und ein solcher Kessel dennoch platzen sollte, so würde der erste Stoß die nächste umgebende Röhre treffen, und Aehnliches würde sechsmal nach einander eintreten können; jeder Raum zwischen den Röhren würde den Dampf ohne Schaden im Schlote hinaufstreichen lassen, und die äußere Röhre, welche das Ganze umgibt, ließe sich $\frac{1}{4}$ Zoll stark machen, so daß von einer Explosion schlechterdings kein Schaden zu besorgen wäre."

Die Dampfwagen auf Eisenbahnen sind bei weitem leichter herzustellen, als diejenigen auf gewöhnlichen Wegen. Die letzteren müssen wegen der nöthigen Lenkung und wegen des Aufhaltens, so wie der stärkeren Erschütterungen wegen, die sie auszuhalten haben, besondere Einrichtungen haben, die sich nicht leicht mit der nöthigen Dauerhaftigkeit vereinigen lassen; indeß sind sie doch schon zu einem solchen Grade von Vollkommenheit gelangt, daß sich die Möglichkeit einer allgemeinen Einführung derselben hoffen läßt. Eisenbahnen können nur da gebaut werden, wo ein außerordentlich lebhafter Verkehr stattfindet, indem dieselben in den meisten Fällen unerschwingliche Kosten verursachen. Auch können Dampfwagen auf Eisenbahnen nur dann fahren, wenn diese ganz oder doch fast ganz horizontal sind, indem wegen der geringen Reibung der Räder auf Eisenbahnen, nach Gurney, bei einer Neigung von 1 auf 12 Fuß, die Zugkraft bis auf das 21 fache der auf der horizontalen Bahn nöthigen Kraft vermehrt werden muß, während, um einen gewöhnlichen Weg von der genannten Neigung hinauf zu fahren, die Zugkraft nur verdoppelt zu werden braucht. Es ist interessant, das Urtheil der Commission, welche im Hause der Gemeinen zu Untersuchung der Dampfwagen auf gewöhnlichen Straßen niedergesetzt worden war, zu erfahren. Dieses Urtheil gründet sich auf die Zeugnisse, welche die geschicktesten und kundigsten Mechaniker vor der Commission abgelegt haben. Es ist, so weit es von allgemeinem Interesse ist, folgendes:

1) daß Wagen sich auf gewöhnlichen Chausseen durch Dampf mit 10 Meilen Geschwindigkeit auf die Stunde anhaltend fortbewegen lassen;
2) daß sie mit dieser Geschwindigkeit über 14 Passagiere befördert haben;
3) daß ihr Gewicht mit Einschluß der Maschine, des Brennmaterials, des Wassers und der Bedienung weniger als 3 Tonnen betragen könne;
4) daß sie Berge von bedeutender Böschung leicht und sicher hinan und hinabfahren können;

Digitized by Google

5) daß die Reisenden darin durchaus keiner Gefahr ausgesetzt seien;
6) daß sie dem Publikum keine Ungelegenheiten verursachen, oder wenigstens bei gehöriger Einrichtung keine zu verursachen brauchen;
7) daß sie ein schnelleres und wohlfeileres Transportmittel als die von Pferden gezogenen Kutschen abgeben werden;
8) daß die Radreifen daran breiter sein können, als an anderen Fuhrwerken, und daß sie wegen des Wegfallens der den Straßen so äußerst nachtheiligen Wirkungen der Pferdehufe, den Wegen weniger Nachtheil zufügen werden, als die von Pferden gezogenen Kutschen.

Was die Leistungen der Dampfwagen betrifft, so führte Neil vor der erwähnten Commission unter anderen folgende Thatsache an: daß ein Dampfwagen von 7½ Tonnen Schwere (mit Einschluß von 1 Tonne Wasser) 12 beladene Wagen, jeder von 9408 Pf. Gewicht, eine geneigte Fläche hinaufgezogen habe, welche auf 1164 Fuß 134 Zoll senkrechte Steigung gehabt. Außerdem war noch eine Kutsche von 1½ Tonnen Schwere darangehängt. Die Schienen der Eisenbahnen, worauf die Maschine ging, waren trocken, und die Räder glitten nicht ab. Neil theilte auch noch folgende Versuche mit, die auf der Eisenbahn von Killingworth, auf einer geneigten Ebene, die 2260 Yards lang, und im Ganzen 6′ 5″ senkrechte Steigung hatte, angestellt worden. Die Bahn stieg aber nicht gleichmäßig auf, sondern war theilweise horizontal, oder leicht wellenförmig, und an einer Stelle hatte sie eine Böschung von 1 auf 130. Das Geleis war vorspringend und auf der Oberfläche 2½ Zoll breit; die Wagen waren sämmtlich von derselben Bauart, und wogen jeder 81¼ Centner. Die Räder hatten 34 und die Axen 2¾ Zoll Durchmesser. Als die Räder dreifussig waren, so wurden 9 Wagen, welche zusammen 731¼ Centner wogen, binnen 317 Minuten 14 mal hinauf, und binnen 258 Minuten 14 Mal hinabgezogen; die zurückgelegte Strecke betrug zwischen 9 Stunden 35 Minuten 36 Meilen. An Steinkohlen wurden 2534 Pfund verbrannt, und 890 Gallonen Wasser verdampft. Mit vierfussigen Rädern wurde dieselbe Wegsstrecke mit derselben Anzahl von Wagen in 302 Minuten 19 mal hinauf, und in 265 Minuten 19 mal herabgezogen. Die in 9 Stunden 27 Minuten zurückgelegte Distanz betrug 48,8 Meilen. Der Verbrauch an Kohlen betrug 2534 Pfund und der an Wasser 854 Gallonen. Mit vierfussigen Rädern wurden ferner 12 Wagen, zusammen 975 Centner wiegend, in 155 Minuten die genannte Strecke 9 mal hinauf, und in 133 Minuten 9 mal herabgezogen. Die binnen 4 Stunden 48 Minuten zurückgelegte Distanz betrug 43½ Meile, der Verbrauch in Steinkohlen 1546 Pf., der an Wasser 452 Gallonen. — Mit einem anderen Dampfwagen mit dreifussigen Rädern wurden 9 Wagen, 731¼ Centner schwer, in 212 Minuten 10 mal hinauf und in 180 Minuten 10 mal herabgezogen, also 26 Meilen in 6 Stunden 32 Minuten, wobei 1487 Pf. Kohlen und 490 Gallonen Wasser verbraucht wurden. Mit vierfussigen Rädern wurden 12 Wagen, 975 Centner schwer, in 45 Minuten 48 Secunden 5 mal hinauf, und in 40 Minuten 26 Secunden 5 mal herabgezogen. Die Distanz betrug jedesmal 2002 Yards, die

Digitized by Google

ganze Reise 11,375 Meilen; die binnen der angegebenen Zeit auf jeder Fahrt zurückgelegte Distanz 1663 Yards, zusammen 9,45 Meilen; die Zeit 1 Stunde 26 Minuten 14 Secunden; der Steinkohlenverbrauch 587 Pf.; der Wasserverbrauch 200 Gallonen. Bei diesem Experimente ließ man den Dampfwagen erst eine Strecke fahren, um den Wagen die gehörige Geschwindigkeit zu ertheilen. Alsdann beobachtete man die Zeit, bis die Geschwindigkeit am anderen Ende der Station wieder gehemmt wurde. Hieraus ergiebt sich der Unterschied zwischen den oben angegebenen Distanzen, die eine bezieht sich auf die ganze zurückgelegte Wegstrecke, die andere bezeichnet den Theil der Station, welche mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurückgelegt wurde. Die angegebene Zeit bezieht sich auf den letzteren Theil der Fahrt, und kann also für das richtige Maß der Geschwindigkeit gelten.

Wood berichtete, daß auf einer Eisenbahn bei Newcastle ein Dampfwagen binnen 54 Wochen 53823 Wagen Kohlen von je 9438 Pfund Gewicht, 2541 Yards weit gezogen, und dieselbe Anzahl leerer Wagen von je 3472 Pf. Schwere zurücktransportirt habe. Dieß geschah in 54 auf einander folgenden Wochen, und binnen dieser Zeit war der Dampfwagen wegen Mangels an zu transportirenden Kohlen mit Ausschluß der Sonntage wenigstens 20 Tage unbeschäftigt, so daß die Leistung binnen 304 Tagen in der Fortschaffung von 446815 Tonnen 1 Meile weit, oder 1470 Tonnen 1 Meile weit täglich betrug. Der Dampfwagen hatte dreifussige Räder, welche auf eine Geschwindigkeit von etwa 4½ Meilen auf die Stunde berechnet waren.

Als größte Leistungen nach Eröffnung der Eisenbahn zwischen Manchester und Liverpool sind folgende zu betrachten. Nach einem Berichte von Stevenson, vom 23 Febr. 1831, zog der 6 Tonnen 3 Centner schwere Dampfwagen Northhumbrian die geneigte Ebene bei Rainhill hinauf, 50 Tonnen mit einer Geschwindigkeit von 7½ Meilen. Der Druck des Dampfes betrug 50 Pf. auf den Quadratzoll, die senkrechte Neigung 1 auf 96. — Locke führte den 1. März 1831 an: der Dampfwagen Samson habe auf 30 Wagen ein Nettogewicht von 107 Tonnen, oder ein Bruttogewicht von 151 Tonnen binnen 2 Stunden 34 Minuten, mit Einschluß von 13 Minuten Aufenthalt, den ganzen Weg von Liverpool bis Manchester gezogen *). Die Räder hatten 4½ Fuß Durchmesser. Ein neuerer Dampfwagen Jupiter zog vom 4. März bis zum 6. April 226 Lastwagen, von denen nur 10 leer, und

*) Den 29 Mai zog der Samson, (dessen Gewicht 10 Tonnen 2 Centner, Cylinderweite 14 Zoll, Kolbenzuglänge 16 Zoll, Räder 4½ Fuß Durchmesser, und beide Paare von der Maschine getrieben, Dampfdruck 50 Pf. auf den Quadratzoll) 50 Wagen mit einem Nettogewicht von 150 Tonnen, binnen 2 Stunden 40 Minuten, mit Ausschluß der zum Wassereinnehmen unterwegs verstrichenen Zeit, von Liverpool bis nach Manchester (30 engl. Meilen). Die Geschwindigkeit betrug im Durchnitte fast 12 Meilen auf die Stunde, auf horizontalem Wege 12 Meilen, bei einem Falle von 6 Fuß auf die Meile 16 Meilen, bei einer Steigung von 8 Fuß auf die Meile 9 Meilen.

Digitized by Google

847 Kutschen. Seine sämmtlichen Reisen betrugen in dieser Zeit 3426 Meilen, und in 2 Wochen legte er 50 Reisen, zusammen von 1500 Meilen zurück. Der Durchmesser des Cylinders ist 11 Zoll, die Zuglänge des Kolbens 16 Zoll, der Raddurchmesser 5 Fuß, der Preis des Dampfwagens 700 Pf. Sterling.

Dehnbarkeit, Streckbarkeit, Geschmeidigkeit, Zähigkeit, Hämmerbarkeit, Ductilität heißt diejenige Eigenschaft, welche die Körper in verschiedenem Grade besitzen, vermöge deren sie in ihrer Form und der Anordnung ihrer Theile verändert werden können, ohne daß ein Zurückgehen in die frühere Form stattfindet, und ohne daß ein Zerreißen eintritt. Ein Körper, der sehr leicht eine Formveränderung erleidet, heißt weich; dagegen ein Körper, zu dessen Formveränderung eine bedeutende Kraft erfordert wird, hart heißt. Die Hämmerbarkeit, Streckbarkeit, Ziehbarkeit, Geschmeidigkeit sind eigentlich besondere Formen der Dehnbarkeit, wie schon durch die Worte selbst angedeutet ist. In Bezug auf die Größe der Hämmerbarkeit stellt Baumgartner die Metalle in folgender Ordnung zusammen, vom hämmerbarsten anfangend: Blei, Zinn, Gold, Zink, Silber, Kupfer, Platin, Eisen. Ziehbar d. h. zu Draht formbar sind sie in folgender Ordnung: Platin, Silber, Eisen, Kupfer, Gold, Zink, Zinn, Blei. Nach der Leichtigkeit, nach der sie sich zu Blech walzen lassen, stehen sie in folgender Reihe: Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Zink, Platin, Eisen. Diejenigen Körper, welche gar nicht, oder nur in sehr geringem Grade dehnbar sind, heißen spröde, und überhaupt heißen die Körper desto mehr oder weniger spröde, je weniger oder mehr sie dehnbar sind. Im Allgemeinen pflegt die Wärme die Dehnbarkeit der Körper zu erhöhen. Manche Körper, welche bei gewöhnlicher Temperatur spröde sind, werden in einer höheren Temperatur dehnbar z. B. Zink, Wachs, Schellack, Siegellack u. s. w. Bei manchen Körpern liegt der Punct, wo sie dehnbar werden, nahe am Schmelzpuncte derselben, z. B. beim Glase. Das Zink ist bei einer Temperatur unter der des siedenden Wassers spröde; in einer Temperatur von 80 — 120° R. wird es so dehnbar, daß es sich zu den dünnsten Blechen, wie das feinste Postpapier, walzen läßt, und behält dann sogar auch bei niedrigeren Temperaturen einen hohen Grad von Elasticität und Biegsamkeit bei. Erhitzt man das Zink bis zu 164° R., so ist's noch spröder, als es war, da es sich unter einer Wärme von 80° R. befand. Altmütter hat sehr feinen Draht aus Zink gezogen, nach Gilberts Schätzung, von $\frac{1}{240}$ Zoll Durchmesser.

Besonders merkwürdig ist es, daß zuweilen ein Gemisch von zwei leicht dehnbaren Metallen schwer dehnbar oder spröde ist, und dagegen ein Gemisch von leicht dehnbaren mit schwer dehnbaren Metallen leicht dehnbar. Z. B. gibt das dehnbare Kupfer mit dem dehnbaren Zinn die spröde Glockenspeise, und bei anderen Mischungsverhältnissen ein gutes Spiegelmetall; dagegen das Kupfer mit dem spröden Zink das sehr dehnbare Messing. Das weiche Schmiedeeisen ist für sich sehr zähe und dehnbar; wird es mit wenig Kohlenstoff verbunden, so verwandelt es

Digitized by Google

sich in Stahl, welcher hart, dabei aber zähe und dehnbar ist; mit noch mehr Kohlenstoff verbunden, wird es Roheisen oder Gußeisen, welches in hoher Temperatur und mehr noch in niederer, spröde ist; mit etwas Phosphor verbunden, ist es in niederer Temperatur spröde und brüchig, und heißt daher kaltbrüchiges Eisen; mit wenig Schwefel verbunden, ist es in der Rothglühhitze sehr spröde, und heißt rothbrüchiges Eisen.

Das Gold ist beinahe bis in's Unendliche dehnbar. Es ist von allen Metallen das geschmeidigste, und im reinen Zustande ist es fast eben so weich wie Blei. Wenn man es zusammenschmiedet, so wird es hart, und das legirte Gold erhält Risse, wenn es weiter geschmiedet wird. Um es daher zu der gehörigen Dünne schmieden zu können, muß es von Zeit zu Zeit geglüht werden. Man schlägt dasselbe zu Blättern aus, welche nicht mehr als $\frac{1}{2000}$ Linie Dicke haben, und zum Vergolden gebraucht werden, und ein Gran Gold kann zu einem 500 Fuß langen Drahte ausgezogen werden. Reaumur überzog 360 Th. Silber mit 1 Th. Gold, und zog das Ganze zu einem Draht aus, wovon 3 Ellen auf einen Gran gingen. Darauf wurde der Draht zu einer Breite von $\frac{1}{48}$ Zoll ausgewalzt, wodurch er zugleich um ein Viertel verlängert wurde. Man konnte mit dem Vergrößerungsglase keine von Gold unbedeckte Stelle des Silbers entdecken. Das Gold machte hier ein 12 Millionentheil eines Zolles aus. Am weitesten wird die Dehnung des Goldes getrieben bei der Verfertigung der Drähte, die zu den Lyoner Tressen gebraucht werden. Der hierzu benutzte Golddraht nämlich ist, wie der meiste sogenannte Golddraht, mit Gold überzogener Silberdraht. Man nimmt, wie Muncke mittheilt, hierzu eine Stange Silber, 15 Linien im Durchmesser und 22 Zoll lang, 45 Mark schwer, und überzieht sie mit 1 Unze Gold; darauf zieht man sie zu immer feinerem Drahte, der überall mit einem Ueberzuge von Gold bekleidet ist. Reaumur fand durch genaue Abwägungen und Abmessungen, daß 1 Unze des Drahtes 3232 Fuß lang war, also die Länge des Ganzen 1163520 Paris. Fuß betrug. Weil dieser Draht um Seide gesponnen wird, so wird er vorher zwischen zwei polirten Stahlwalzen platt gedrückt, wodurch seine Länge um $\frac{1}{7}$ wächst, also 1329737 Paris. Fuß oder nahe 60 geographische Meilen beträgt. Ein solcher flacher Faden hat eine Breite von $\frac{1}{8}$ Linie und eine Dicke von $\frac{1}{3027}$ Linie, wonach die Unze Gold zu einer Fläche von 2308 Quadratfuß ausgedehnt ist, wenn man beide Flächen des flachen Drahtes rechnet. Reaumur berechnet die Dicke des Goldes zu $\frac{1}{345840}$ Paris. Linien, und an den dünnsten Stellen schätzt er dieselbe auf $\frac{1}{500000}$ Paris. Linien. Hierbei ist angenommen, daß alle Stellen des Silberdrahtes vom Golde überzogen sind, wozu man berechtigt ist, da auch des beste Mikroskop keine von Gold entblößte Stelle des Silbers zeigte *)

*) Wenn man einen mit Gold überzogenen Silberdraht in Salpetersäure taucht, welche die Eigenschaft besitzt, das Silber aufzulösen, ohne das Gold anzugreifen, so wird das Silber im Innern in der That aufgelöst, während der

Digitized by Google

Auch das Platin ist ein sehr geschmeidiges Metall, und läßt sich im gewöhnlichen Zustande, wo es etwas Iridium enthält, zu Draht von $\frac{1}{1940}$ Zoll Durchmesser ziehen. Zu besonders feinen Drähten ist das Platin von Wollaston gezogen. Das Verfahren dabei ist nach Biot's Beschreibung folgendes: Man befestigt einen dicken Platindraht in die Axe einer hohlen cylindrischen Form, welche man vollends mit geschmolzenem Silber ausfüllt, das um den Draht erstarrt. Darauf zieht man das Ganze durch einen Drahtzug, und bewirkt nun die Auflösung des Silbers durch siedende Salpetersäure, welche das Platin nicht angreift, und den in der Mitte befindlichen, durch das Ausziehen ausnehmend verdünnten, Draht dieses Metalles zurückläßt. Man kann auf diese Weise den Platindraht bis zu $\frac{1}{6000}$ Zoll im Durchmesser dünn herstellen, wo er dann kaum noch mit den Augen wahrzunehmen ist. Wallaston zog ihn bis zur Dünne von $\frac{1}{30000}$ Zoll aus, fand ihn aber da nicht mehr überall zusammenhängend.

Auch das Silber ist sehr ausdehnbar, indem sich aus demselben nicht allein sehr feine Drähte ziehen lassen, sondern dasselbe auch zu außerordentlich dünnen Blättchen geschlagen wird, dem Blattsilber oder Silberschaum. Zu solchen dünnen Blättern wird auch das Kupfer geschlagen, welches den unächten Goldschaum gibt, auch das Zinn und Blei. Was das Blei betrifft, so hat Coriolis bei Versuchen, die er anstellte, um den Grad zu messen, in welchem Bleicylinder durch starke, gleich lange einwirkende Gewichte platt gedrückt zu werden vermögen, gefunden, daß die Art der Schmelzung des Bleies auf seine Ductilität von bedeutendem Einflusse ist. Je öfter das Blei beim Zutritt der Luft umgeschmolzen wird, desto mehr nimmt seine Ductilität oder Fähigkeit, sich platt drücken zu lassen, ab, vermöge eines geringen Oxydgehaltes, den es hierdurch erlangt, und zwar selbst dann, wenn bei jedesmaligem Umschmelzen häufig desoxydirende Substanzen, wie Talg und Harz auf die Oberfläche des Metalles gebracht werden. Wenn man dagegen Blei unter einer starken Decke feinen Kohlenpulvers in Tiegeln schmilzt, von deren Boden aus es durch Hähne abgelassen werden kann, so daß nichts von der Oberfläche in den Guß kommt, und die Luft beim Gießen stets abgehalten bleibt, so verändert ein solches, auch wiederholtes Umschmelzen die Ductilität des Bleies nicht. Auch ist in diesem Falle die Temperatur der Schmelzung ohne Einfluß darauf. Coriolis hat ferner gefunden, daß das Maximum der Plattdrückung durch ein gegebenes Gewicht ziemlich spät erst erreicht wird. So hatte sich unter einer Belastung von 1760 Kilogr., die anfänglich durch 680 Theile (jeder zu $\frac{1}{10}$ Millim.) ausgedrückte Dicke eines Cylinders von Blei, welcher unter einer Kohlenbedeckung geschmolzen wurde, binnen einer Minute auf 317 Theile, binnen einer Stunde auf 245 Theile und binnen 24 Stunden auf 223 Theile reducirt.

---

goldene Ueberzug als eine dünne, hohle Scheide zurückbleibt, an deren Theilen man nirgends eine Unterbrechung des Zusammenhanges entdecken kann.

Digitized by Google

Das Glas, welches bei den gewöhnlichen Temperaturen einer der sprödesten Körper ist, wird in der Rothglühhitze zu einem der dehnbarsten. Man kann ihm in dieser Temperatur bekanntlich alle Formen und Gestalten, welche man will, geben. Den auffallendsten Beweis für seine außerordentliche Dehnbarkeit aber geben die außerordentlich feinen Glasfäden, in die man es an der Blaslampe spinnen kann. Diese Fäden sind so fein und biegsam, daß man aus ihnen Zeuge weben könnte. Ehemals hat man sie zum Hutschmuck, in 5 bis 7 Zoll langen Büscheln zusammengebunden, gebraucht. Auch hat man zuweilen Perücken daraus gefertigt, indem man die einzelnen Büschel zu Locken umbog, und unter einander verband. Muncke erzählt, er habe von dem geübten Glasbläser Herrmann, aus Freiburg im Breisgau, einige solche farbige Gespinnste (aus Fäden von farbigem Glase) von ausgesuchter Feinheit erhalten, wovon die feinsten Fäden, wie die Spinnenfäden, durch den bloßen Luftzug bewegt wurden. Die Dicke eines solchen Fadens geht nach mikroskopischen Untersuchungen nicht über die eines gewöhnlichen Fadens aus dem Gespinnste einer großen Kreuzspinne hinaus, ist aber ungleich weniger haltbar. Bei demselben Glasbläser hat Muncke auch eine Mütze aus Glasfäden gesehen, welche aus einzelnen Streifen derselben geflochten war, sich vollkommen biegsam, wie von weichem Zeuge verfertigt, zeigte, und mit Seifenwasser gebürstet und gewaschen werden konnte. Wenn man eine nicht zu enge Glasröhre an einem Ende zuschmelzt, und dann mit der Blaslampe eine Kugel daran bläst, diese auf's Neue glühend macht und so stark aufbläst, daß sie platzt, so werden einzelne Theile so dünn, daß man an ihnen das Farbenspiel, welches beim Durchgange des Lichtes durch sehr dünne Körper stattfindet, wahrnimmt (s. Anwandlungen S. 41 ff.), und daß sie wie eine Flaumfeder durch den Luftzug bewegt werden.

Auch das menschliche Haar läßt sich, nach Weber, ohne zu zerreißen, um ein Drittel seiner Länge ausdehnen, und wird dabei dünner. Bei Nachlaß der ausdehnenden Kraft zieht sich das Haar wieder zusammen, erhält aber seine ursprüngliche Länge nicht wieder. Ein Menschenhaar, das um ein Viertel seiner Länge ausgedehnt worden, blieb um ein Zehntel, und als es um ein Drittel ausgedehnt worden, nahe um ein Sechstel seiner ursprünglichen Länge verlängert. Ein Spinnefaden läßt sich fast bis zu seiner doppelten Länge ausdehnen, und soll, wenn die Spannung aufhört, in seine vorherige Länge zurückgehen; doch verliert er diese Eigenschaften, wenn er älter wird, wahrscheinlich, indem er vertrocknet.

Sehr viele vegetabilische und thierische Stoffe werden durch die Feuchtigkeit dehnbar, wie Gummi, Eiweiß, Leim u. s. w., und lassen sich zu sehr feinen Fäden ausziehen, welche durch Austrocknung hart werden.

Destillation (v. d. lat. destillare, abtröpfeln) ist eine chemische Operation, wo die durch Wärme leichter verdampfbaren Theile eines Gemisches verflüchtigt, auf diese Weise von den minder leicht ver-

Digitized by Google

dampfbaren Theilen getrennt, in einem zweiten Gefäße aufgenommen und zu tropfbarer Flüssigkeit condensirt werden. Das ganze Verfahren beruht also auf dem Gesetze, daß die tropfbar flüssigen Körper bei verschieden hohen Temperaturgraden durch die Wärme in expansibel flüssige Körper verwandelt, und durch die Kälte wiederum in den tropfbar flüssigen Aggregationszustand gebracht werden (vergl. d. Art. Aggregationszustand und Dampf S. 426). Man bedient sich zum Destilliren eines eigenen Apparates, welcher der Destillationsapparat oder das Brennzeug heißt, und der wesentlich aus drei Theilen besteht, nämlich dem Gefäße, in welchem das zu destillirende Gemisch erwärmt wird; ferner in dem Gefäße, in welchem der durch die Wärme erzeugte Dampf erkältet und dadurch condensirt wird (Vorlage); und endlich in der beide Gefäße mit einander verbindenden Leitung für den Dampf, ohne welche sich dieser in die Luft zerstreuen würde. Da bei der Destillation der in der Vorlage in flüssiger Gestalt abtröpfelnde (daher der Name Destillation) flüssige Körper das Hauptprodukt, der Rückstand im erhitzten Gefäße dagegen das Nebenprodukt ist, dem man so zu sagen den Geist, die flüchtigeren Bestandtheile genommen hat, so pflegt man wohl den Rückstand das caput mortuum, d. h. den Todtenkopf zu nennen. Ist der im Destillirgefäße zurückbleibende Körper eine Flüssigkeit, so heißt sie auch das Phlegma. Hierin liegt auch, worin sich die Destillation von der Abdampfung unterscheidet, indem bei dieser der Rückstand der durch die Verwandlung in Dampf bezweckte Theil des Gemisches ist. (S. d. Art. Abdampfung). Die in der Vorlage sich sammelnde Flüssigkeit heißt das Destillat, und man sagt, sie gehe über, werde abgezogen. Wenn man eine Flüssigkeit von einem anderen festen Körper abdestillirt, so daß mit derselben auch flüchtige Theile dieses anderen Körpers übergehen, so nennt man diese Art der Destillation das Abziehen. Man zieht z. B. Weingeist über aromatischen Stoffen ab, um ihn mit den flüchtigen Oelen zu schwängern, welche jene Stoffe enthalten. Cohobiren heißt eine abgezogene Flüssigkeit nochmals über einen gleichartigen Körper abziehen, um eine vollständigere Sättigung zu bewirken; rectificiren heißt nochmals destilliren, um die flüchtigeren Theile des ersten Destillates als zweites Destillat zu erhalten.

Nach der verschiedenen Stellung, welche man den drei Haupttheilen des Destillirapparates zu einander gibt, unterscheidet man die gerade oder aufsteigende, und die schräge und die unterwärtsgehende Destillation. Bei der geraden Destillation im Kleinen bedient man sich eines Kolbens, welches ein bauchiges, oben in einen Hals auslaufendes (keulen- oder kolbenförmiges) gläsernes oder auch metallenes Gefäß ist, oder einer Blase, welches ein weiteres und kürzeres Gefäß ist. Der Kolben oder die Blase ist in einen Helm dampfdicht befestigt, welcher Helm mit einem Schnabel versehen ist, und mit diesem in die Vorlage, welche kühl erhalten werden muß, reicht. Der Helm ist einer umgestürzten Theekanne nicht unähnlich, deren Schnabel bedeutend verlängert ist, und zur Vorlage kann man jedes ganz verschließbare Gefäß nehmen. Häufig nimmt man Kugeln von Glas mit

Digitized by Google

einer Mündung, in welche der Schnabel des Hahns mittelst eines durchbohrten Korkes luftig befestigt ist. Die Flüssigkeit, welche im Kolben erhitzt wird, läßt Dämpfe aufsteigen, und diese verwandeln sich theils schon im Helme, theils im Schnabel desselben, theils in der Vorlage in tropfbare Flüssigkeit. Im Großen besteht der Apparat aus der Blase oder dem Destillirkessel, dem Helme und der Vorlage, die mit einem eigenen Abkühlungsapparate versehen ist.

Die schräge Destillation hat einen noch einfacheren Apparat, statt des Kolbens u. s. w. bedient man sich hier der Retorte, d. h. eines Kolbens mit einem langen, umgebogenen Halse und einer Vorlage, ein mit einem Halse versehenes, übrigens ganz verschlossenes, Gefäß. Entweder wird der Hals der Retorte unmittelbar in den Hals der Vorlage gesteckt und dampfdicht darin befestigt, oder Retorte und Vorlage werden durch eine hinreichend weite Zwischenröhre den Vorstoß, in welchen beide Hälse eingepaßt werden, in Verbindung gesetzt. Um der Luft den nöthigen Ein- und Austritt zu gestatten, muß die Vorlage tubulirt, d. h. noch mit einem zweiten, kurzen Halse versehen sein, in welchen ein Kork mit einer durchgesteckten Glasröhre eingesetzt wird. Um die Retorte bequem füllen zu können, kann auch sie tubulirt werden. Auch hier muß die Vorlage kühl erhalten werden. Es ist zu bemerken, daß bei der Vorrichtung, wo der Hals der Retorte unmittelbar in den Hals der Vorlage mündet, keineswegs der dritte der oben erwähnten wesentlichen Theile des Destillationsapparates fehlt.

Die unterwärtsgehende Destillation unterscheidet sich dadurch, daß das Feuer von oben nach unten wirkt, im Kleinen kann man den Apparat zu derselben aus jedem Glase herstellen. Man legt über dasselbe eine lockere, angefeuchtete Leinwand mit einer sackförmigen Vertiefung, auf diese die zu erhitzende Materie, bedeckt das ganze Glas mit einem Metallbleche, und legt auf dieses glühende Kohlen. Im Großen bedient man sich eines ähnlichen Apparates von Metall, bei dem an die Stelle der Leinwand ein metallener, schlüsselförmiger Seiher tritt; der untere Theil des Apparates muß durch Einsenken in kaltes Wasser kühl erhalten werden.

Wenn man die Destillation, wie gewöhnlich ist, unter dem Drucke der Luft vornimmt, so muß man die Materie in der Retorte u. s. w. so stark erhitzen, daß der sich aus ihr entwickelnde Dampf dem Luftdrucke das Gleichgewicht hält (S. d. Art. Dampf S. 427.). Wenn man dagegen im luftleeren Raume operirt, d. h. aus dem Destillationsapparate die Luft austreibt und den Zutritt neuer Luft verhindert, so erfolgt die Destillation sehr schnell und schon bei einer niedrern Temperatur: nur muß immer die Vorlage kälter als der Kolben und die Retorte gehalten werden.

Man spricht noch von einer trockenen Destillation, weil man sich bei derselben eines ähnlichen Apparates, wie bei der eigentlichen Destillation bedient. Es werden nämlich in feuerfesten Gefäßen bei einer starken Hitze vegetabilische oder thierische Substanzen zersetzt, und die aus der Zersetzung gewonnenen gasförmigen tropfbarflüssigen oder festen Produkte in passenden Vorlagen und Recipienten aufgesammelt.

Digitized by Google

Dichte, Dichtigkeit ist die Menge der Masse, welche ein Körper von einem bestimmten Volumen enthält, im Vergleich zur Menge der Masse, welche ein anderer Körper von gleichem Volumen hat. Die Dichte ist demnach eine relative Eigenschaft der Körper, d. h. eine solche, die nur im Vergleich mit anderen Körpern bestimmt werden kann. Man sagt, ein Körper, z. B. Eisen, sei dichter als ein anderer, z. B. Wasser, weil ein bestimmtes Volumen Eisen mehr Masse enthält, d. h. schwerer ist, als ein gleich großes Volumen Wasser; und man drückt dieß im Allgemeinen durch den Satz aus: Bei gleichem Volumen stehen die Dichten zweier Körper im geraden Verhältnisse ihrer Massen. Hat man dagegen zwei Körper von verschiedenem Volumen, die aber gleich schwer sind, d. h. die gleiche Massen enthalten, so ist der das geringere Volumen einnehmende Körper der dichtere, und es verhalten sich die Dichten beider Körper umgekehrt wie die Volumens. Im Allgemeinen wird ein Körper desto dichter sein, je weniger locker er ist, d. h. je weniger und je kleinere Zwischentheile zwischen seinen Massentheilen stattfinden, und wenn es einen Körper gäbe, bei welchem durchaus gar keine solchen Zwischenräume stattfänden, so würde dieser Körper absolut dicht sein, und wenn man mit der Dichte dieses Körpers die Dichten anderer Körper vergliche, so fände man auf diese Weise die absoluten Dichten verschiedener Körper. Es gibt indessen keinen absolut dichten Körper, und man kann daher auch nicht die absoluten Dichten der Körper bestimmen, sondern nur die relativen Dichten. Dieß aber geschieht, wenn man bestimmt, wie sich die Dichten der verschiedenen Körper zu der Dichte eines bestimmten Körpers verhalten, oder was dasselbe, wie viel Mal mehr oder weniger dicht sie sind, als ein bestimmter Körper von bekannter Dichte. Man pflegt auf diese Weise die relativen Dichten der Körper in Bezug auf das reine Wasser im Punkte seiner größten Dichte anzugeben, theils weil dieses überall leicht zu haben und rein herzustellen ist, theils weil sich die Vergleichung mit ihm am leichtesten vornehmen läßt. Man nimmt dann die Dichte des reinen Wassers = 1 an, so wie die Masse des reinen Wassers unter dem Volumen = 1 als Einheit der Masse angenommen wird, und drückt nun die Dichte jedes andern Körpers durch eine Zahl aus, welche anzeigt, wie oft seine Masse die des Wassers unter demselben Volumen in sich enthält. So drückt man z. B. die Dichte des Goldes durch 19 aus, weil ein Kubikfuß desselben 19 mal mehr Masse hat, als ein gleich großes Volumen Wasser. Die Zahl, welche die Dichte eines Körpers ausdrückt, zeigt also die relative Menge seiner Masse unter dem Volumen = 1 an. Man kann das specifische Gewicht mit der Dichte verwechseln, oder: die Zahlen, welche die Dichten der Körper angeben, zeigen zugleich ihre specifischen Gewichte an. S. d. Art. Gewicht, specifisches. — Die Körper sind von sehr verschiedener Dichte, und zwar sind die Metalle die dichtesten, die gasförmigen Körper dagegen die dünnsten Substanzen. Unter den Metallen ist wiederum das Platin das schwerste und somit dichteste, unter den gasförmigen Substanzen das Wasserstoffgas am leichtesten und dünnsten. Die Dichten der gasförmigen Körper pflegt man mit der Dichte

Digitized by Google

der atmosphärischen Luft = 1 zu vergleichen. In dieser Art drückt die Zahl 0,068 die Dichte des Wasserstoffgases gegen atmosphärische Luft (bei 0° und 28″ Barometerstand) aus; die Dichte der Luft gegen Wasser ist 0,001283, die Dichte des Platins gegen Wasser 21; d. h. es verhält sich die Dichte des Wasserstoffgases zur Dichte der atmosphärischen Luft = 0,068 : 1; die Dichte der Luft zur Dichte des Wassers = 0,001283 : 1; die Dichte des Platins zur Dichte des Wassers = 21 : 1; hieraus folgt, daß sich die Dichte des Platins zur Dichte des Wasserstoffgases verhält = 240597 : 1, oder daß Platin 240597 mal mehr Masse enthält oder dichter ist als Wasserstoffgas.

Die einzelnen Theile eines und desselben Körpers sind indeß nicht immer gleich dicht, und man muß daher gleichmäßig dichte und ungleichmäßig dichte Körper unterscheiden. Bei Körpern, die ein Aggregat von anderen Körpern sind, wie der Granit, die vegetabilischen und die thierischen Körper, wird in der Regel eine ungleichmäßige Dichte stattfinden. Diese kann jedoch auch vorhanden sein bei Körpern, die durchgängig gleichartig sind wie z. B. das Glas, namentlich wenn einzelne Theile eines solchen Körpers stärker erwärmt oder stärker zusammengedrückt als andre Theile desselben Körpers sind. Je stärker ein Körper durch die Wärme ausgedehnt wird, und ein je schlechterer Leiter der Wärme er ist, desto ungleichmäßiger wird seine Dichte durch die Einwirkung der Wärme auf einzelne seiner Theile werden. Die gasförmigen Körper dehnen sich, wenn sie nicht durch einen Druck zusammengehalten werden, ihrer Natur nach in's Unendliche aus, ändern daher, wenn ihrer Ausdehnung keine Grenzen gesetzt werden, fortwährend ihre Dichte, und es kommt daher bei Bestimmung der Dichtigkeit aller expansibeln Flüssigkeiten derjenige Druck in Betrachtung, durch den sie von außen comprimirt werden. Bei den ungleichmäßig dichten Körpern wird die mittlere Dichte bestimmt, d. h. diejenige Dichte, welche den verschiedenen Dichten des Körpers zugleich am nächsten entspricht.

Da die Dichten sich verhalten wie die specifischen Gewichte, so fallen die Untersuchungen über die Dichten der Körper mit denen über die specifischen Gewichte zusammen, und die Beschreibung der Verfahrungsarten ist daher in Art. Gewichtspecifisches nachzulesen. Es wird hinlänglich sein, die Dichten der in physikalischer und chemischer Hinsicht wichtigsten Substanzen nach den genauesten Untersuchungen zusammenzustellen. —

---

*) Ein vollständiges Verzeichniß s. in Baumgartner's Naturlehre. Supplementband.

Digitized by Google

Dichte fester und tropfbar flüssiger Körper.

Name der Körper.	Dichte.	Name der Körper.	Dichte.
Aether		46 Gew. Wasser 54 Alkoh.	0,906
Essigäther	0,8664	47 53	0,908
Salpeteräther bis 4° C.	0,886	48 52	0,911
Salzäther bei 0° C	0,874	49 51	0,913
Schwefeläther bei 0° C.	0,7155	50 50	0,915
= bei 20° C.	0,713	51 49	0,917
Alaun	1,753	52 48	0,919
Alkohol, absoluter bei 20° C.	0,791	53 47	0,922
1 Gew. Wasser 99 Alkohol	0,793	54 46	0,924
2 98	0,795	55 45	0,926
3 97	0,797	56 44	0,928
4 96	0,799	57 43	0,930
5 95	0,801	58 42	0,932
6 94	0,804	59 41	0,935
7 93	0,808	60 40	0,937
8 92	0,811	61 39	0,939
9 91	0,815	62 38	0,941
10 90	0,818	63 37	0,943
11 89	0,821	64 36	0,945
12 88	0,823	65 35	0 947
13 87	0,826	66 34	0,949
14 86	0,828	67 33	0,950
15 85	0,831	68 32	0,952
16 84	0,833	69 31	0,953
17 83	0,836	70 30	0.955
18 82	0,838	71 29	0,957
19 81	0,841	72 28	0,958
20 80	0,843	73 27	0,960
21 79	0,846	74 26	0,961
22 78	0,848	75 25	0,963
23 77	0,851	76 24	0,964
24 76	0,853	77 23	0,966
25 75	0,856	78 22	0,967
26 74	0,858	79 21	0,969
27 73	0,861	80 20	0,970
28 72	0,863	81 19	0,971
29 71	0,866	82 18	0,973
30 70	0,868	83 17	0,974
31 69	0,870	84 16	0,976
32 68	0,873	85 15	0,977
33 67	0,875	86 14	0,978
34 66	0,878	87 13	0,980
35 65	0,880	88 12	0,981
36 64	0,882	89 11	0,983
37 63	0,885	90 10	0,984
38 62	0,887	91 9	0,986
39 61	0,890	92 8	0,987
40 60	0,892	93 7	0,989
41 59	0,894	94 6	0,990
42 58	0,897	95 5	0,992
43 57	0,899	96 4	0,994
44 56	0,902	97 3	0,995
45 55	0,904	98 2	0,997

Digitized by Google

Name der Körper.		Dichte.
99 Gew. Wasser 1 Alkoh.		0,998
100 „ 0		1,000
Alkohol in Hunderttheilen des Volumens.		
Bei 0° R.	10	0,98950
	20	0,97950
	30	0,97175
	40	0,96000
	50	0,94300
	60	0,92400
	70	0,90030
	80	0,87440
	90	0,84650
	100	0,81060
Bei 5° R.	10	0,98825
	20	0,97800
	30	0,96925
	40	0,95650
	50	0,93900
	60	0,91900
	70	0,89515
	80	0,86920
	90	0,84125
	100	0,80530
Bei 10° R.	10	0,98700
	20	0,97650
	30	0,96675
	40	0,95300
	50	0,93500
	60	0,91400
	70	0,89000
	80	0,86400
	90	0,83600
	100	0,80000
Bei 15° R.	10	0,98575
	20	0,97500
	30	0,96425
	40	0,94950
	50	0,93100
	60	0,90900
	70	0,88485
	80	0,85880
	90	0,83075
	100	0,79470
Bei 20° R.	10	0,98450
	20	0,97350
	30	0,96175
	40	0,94600
	50	0,92700
	60	0,90400
	70	0,87970
	80	0,85360
	90	0,82550
	100	0,78940

Name der Körper.		Dichte.
Amalgam, natürliches (dodek. Merkur)		13,755
Ambra, grau		0,780 0,926
„ grün		1,083
„ roth		1,083
„ schwarz		1,078 1,080
Ammoniak, concentrirt		0,875
75 Thl. Wasser	25 Am.	0,966
70	30	0,959
65	35	0,953
60	40	0,947
55	45	0,942
50	50	0,936
45	55	0,9304
40	60	0,925
35	65	0,9198
30	70	0,915
25	75	0,9098
20	80	0,905
15	85	0,9001
10	90	0,8947
5	95	0,889
0	100	0,883
Ammoniak:		
„ wolframsaures		1,938
„ schwefelsaures		1,768
„ salpetersaures		1,578
„ phosphorsaures		1,895
„ kohlensaures		0,966
Ammonium amalgam. nahe		3,000
Antimonium (rhom.) gediegen		6,646 6,624 6,866
Arsenik gediegen und vollkommen rein		5,672
„ in sublimirten Krystallen		5,700
„ dieselben nach dem Erhitzen		5,959
„ weißer		3,766
„ gelber (Auripigment)		3,424
„ Arsenfluorid		2,730
Asphalt		1,450 2,060 1,070 2,060
Baryte		3,3 7,3
Parachros-Baryt		3,3 3,9
Zinkbaryt		3,3 4,5

Digitized by Google

Name der Körper.	Dichte.	Name der Körper.	Dichte.
Scheelbaryt	6,0 – 6,1	Bleiglanz (her.)	7,5 – 7,6
Hallbaryt	3,6 – 4,7	= krystallisirt	7,586
Bleibaryt	6,0 – 7,3	= strahlig	7,500
Antimonbaryt	5,5 – 5,6	Bleijodid	6,110
Baryt, wasserfreier	2,374 – 4,000	Bleikalk	8,940
Baryterde, essigsaure	1,828	Bleiprotoxyd	9,277
= phosphorsaure	1,2867	Bleiperoxyd	9,096
= salpetersaure	2,915	Bleisuperoxyd	8,902
= salzsaure	2,826	Blut des Menschen	1,054
= schwefelsaure	3,125	Blutkuchen	1,126
Baryum	4,000	Blutwasser	1,0250 – 1,0310
Bergnaphta, rectificirt	0,758	Blutstein	4,360
Bergtheer	1,100	Borax	1,716
Bernstein, durchscheinend	1,078	Braunstein, schwarz	4,722
= grün	1,0829	Braunstein (pyram. Manganerz braun prism.)	4,626
= roth	1,0834	Brechweinstein	2,246
= undurchsichtig	1,0855	Brom	2,966
(gelbes Erdharz)	1,081	Butter	0,942
Bier, braun	1,039		
= weiß	1,023	Cacaobutter	0,892
Bittererde	2,300	Cadmium, rein vollkommen	8,659
Bittersalz, natürliches	1,751	= kohlensaures	4,420
Blasenstein von Menschen	1,700 – 1,714	= oxyd	8,183
Blei, reines	11,3303	Calomel	6,707
= gepreßt	11,388	Campher	0,9857
Bleiamalgam		Cautschouc	0,989
1 Thl. Blei 2 Thl. Queckf.	13,0181	Chlor, tropfbares	1,330
1 = = 3 = =	13,0397	= wässeriges	1,003
1 = = 4 = =	13,1581	Chlorammonium	1,42
Blei mit Wismuth legirt. zu gleichen Theilen	10,709	Chlorhydrat	1,200
Blei, grünes	7,098	Chlorbaryum	3,860 – 4,156
= chromsaures	6,000 – 6,760	Chlorblei	5,238 – 5,336
= essigsaures (Bleizuck.)	2,395 – 2,745	Chlorcalcium	2,214 – 2,269
= kohlensaures, diprism.	6,465	Chlorcyan (doppel)	1,320
= weiß, durchsichtig	6,729	Chlorprotoxyd	2,400
= molybdänsaures (pyram.) gelb	6,760	Chlorphosphor, tropfbarer	1,45
= phosphorsaures (rhomb.)	7,208	Chlorit	2,713
= salpetersaures	4,068	Chlorkalium, krystall	1,836
= salzsaures	6,065	Chlorkohlenstoffwasserstoff	3,42
= schwefelsaures, weiß (prism.)	6,298	Chlormerkur	5,139
= wolframsaures (hemiprismat. Bleibaryt)	8,000	Chlornatrium	2,170
		Chlorsilber	5,548
		Chlorschwefel, halb	1,700
		Chlorschwefel, einf	1,628
		Chlorstickstoff	1,653
		Chlorzinn	2,293
		Chrom	5,900

Digitized by Google

Name der Körper.	Dichte.
Cyan (flüssig)	0,900
Cyanchloryd	1,32
Doppelkohlenwasserstoff:	
= bei 15,5° C.	0,85
= bei 5,5° C.	0,956
Diamant (octaed.) weiß	3,520
= blau	3,525
= brasilianisch	3,444
Diamant farblos, orientalisch	3,521
= grün	3,523
= orange	3,550
= rosenroth	3,531
Drachenblut	1,204
Eis nach Musschenbroek	0,888
= = Kraft	0,905
= = Irvine	0,937
= = Williams	0,945
= = Heinrich	0,905
= = Royer und Dumas	0,950
= = Osann	0,927
Eisen (octaed.) gediegen	7,768
= gegossen	7,207
= geschmiedet	7,788
= phosphorid	6,700
= Roheisen	7,251
= essigsaures	1,368
Eisenperoxyd	5,225
= deutoxyd	5,400
Eisenoxydul	5,300
Eisenoxydul, kieselsaures	3,500 – 3,870
= phosphorsaures mit Manganoxydul	3,430
Eisenoxyd	4,959
Eisenoxydul-oxyd (Hammerschlag)	3,500
Erze	3,4 – 7,4
Titanerz	3,4 – 4,4
Zinkerz	5,4 – 5,5
Kupfererz	5,6 – 6,0
Zinnerz	6,3 – 7,1
Scheelerz	7,1 – 7,4
Tantalerz	6,0 – 6,3
Uranerz	6,4 – 6,6
Cererz	4,9 – 5,0
Chromerz	4,4 – 5,5
Eisenerz	3,8 – 5,3
Manganerz	4,0 – 4,8
Feldspath	1,841 – 2,437 – 2,600 – 2,717
Flußspath	2,614 – 3,194
Glas, böhmisches Bouteillenglas	2,732
= aus Glaubersalz	2,545
= = Borax	2,600
= Fensterglas	2,642
= Krystallglas	2,892
= gemeines Flaschenglas	2,760
= franz. weißes	2,892
= Spiegelglas von St. Gobain	2,370
= v. Neuhaus	2,560
= englisches	2,450
Flintglas, engl.	3,373 – 3,442
= franz.	3,158 – 3,200
= deutsch v. Körner	3,341
= v. Frauenhofer	3,779
= v. Guinand	3,616
= kieselhaltiges borsaures Bleioxyd höchstens	6,4
Glaubersalz, nat.	1,4 – 1,5
= wasserl. krystall.	2,462
Gold (heraed.)	7,6
= gedieg. in Geschieben	14,857
= rein geschmolzen	19,2527
= gehämmert	19,362
= gemünzt in holl. Duc.	19,352
= = in Kais. Duc.	18,852

Digitized by Google

Name der Körper.	Dichte.
Gold gemünzt in engl. Guineen	17,629
= franz. Geld	17,553
= portug. Münze	17,966
= span. Münze	17,655
Goldblei 11 G. 1 B	18,080
Goldeisen 11 G. 1 E	16,885
Goldkupfer 11 Gr. $\frac{1}{2}$ K.	17,157
Goldplatin	
best. aus 100 Th. G. 0 Pl.	19,36
99 1	18,4
98 2	19,0
97 3	19,0
96 4	19,8
95 5	19,1
94 6	18,6
93 7	18,7
92 8	19,5
91 9	19,4
90 10	18,7
89 11	18,0
88 12	19,4
87 13	18,8
86 14	18,6
85 15	20,0
84 16	19,1
83 17	19,2
82 18	20,5
81 19	20,9
80 20	18,9
75 25	20,9
70 30	20,0
65 35	19,9
60 40	19,9
55 45	18,9
50 50	20,0
Goldsilberkupfer 22 G. 71 S. 1 K.	17,344
Goldwismuth 11 G. 1 W.	18,038
Goldzink 11 G. 1 Z.	16,937
Goldzinn 11 G. 1 Z.	17,307
Graphit	2,247 – 2,419
Gummi, Ajou	1,4456
= Ammoniac	1,2071
= Bassora	1,4346
= Bdellium	1,1377
= Drachenblut	1,204
= Epheu	1,295
= Gutti	1,2216
= Euphorbium	1,1244
= Lac	1,1390
= Mastix	1,074
= Monbin	1,4206
= Myrrhe	1,360
Gummi, Sandarac	1,092
= Sagapisches	1,201
= Tragant	1,3161
= Weihrauch	1,1732
= Yvy	1,2948
Gußstahl	7,919
Gyps (prismatoid. Gypshaloid), durchsichtiger	2,310
= blättriger	2,473
= compacter	1,872
= halbdurchsichtiger	2,3062
= undurchsichtiger	2,1673
Haloide	2,2 – 3,3
Alaunhaloid	2,5 – 2,8
Flußhaloid	3,0 – 3,3
Gypshaloid	2,2 – 3,0
Kalkhaloid	2,5 – 3,2
Kryonhaloid	2,0 – 3,0
Harze überhaupt	0,7 – 2,5
= Alouhiharz	1,060
= Benzoe	1,092
= Caragnaharz	1,1244
= Colophon	1,07 – 1,08
= Elemi	1,018
= Gambogium	1,221
= gemeines	1,089
= Guajak	1,205 – 1,228
= Gummilak	1,199
= Jalappa	1,2185
= Labdanum	1,186
= Schiffpech	1,0364 – 1,0146
= Takamahak	1,046
Himmelskörper:	
Ceres	0,736
Erde nach Daubeny	4,5
= = Hutton	4,71
= = Carlini	4,39
= Mittelwerth	4,60
Juno	2,44
Jupiter	0,97
Mars	3,04

ed by Google

Name der Körper.	Dichte.
Merkur	11,3
Pallas	4,32
Saturn	0,44
Sonne	1,10
Uranus	8,51
Venus	4,64
Vesta	5,52
Holz:	
= Ahorn, frisch	0,9036
= = getrocknet	0,6592
= Atlas	1,078
= Birke frisch	0,9012
= getrocknet	0,6274
= Birnbaum	0,9012
= Botanibayholz	1,067
= Brasilienholz	1,132
= Buchen, Splint	
= = trocken	0,982
= = frisch	0,591
= = Stamm frisch	0,9476
= = = trocken	0,5474
= Burbaum	1,33
= Campeschen	0,9130
= Cocosholz	1,336
= Cypressen	0,644
= Ebenholz	1,226
= Edeltanne frisch	0,8941
= = getrocknet	0,5550
= Eichen von Kern, 60 Jahre alt	1,170
= Erle frisch	0,8571
= = trocken	0,5001
= Esche frisch	0,9036
= = trocken	0,6440
= = Zweige frisch	0,734
= = = trocken	0,580
= Espe frisch	0,7654
= = getrocknet	0,4302
= Guajacholz	1,341
= Hainbuche frisch	0,9452
= = getrocknet	0,7695
= Königsholz	1,069
= Kork	0,240
= Kiefer frisch	0,9121
= = getrocknet	0,5501
= Lerche frisch	0,9206
= = getrocknet	0,4732
= Linde frisch	0,8170
= = getrocknet	0,4390
= Mahagonyholz	1,06
= Meelbeere frisch	0,8633
= = getrocknet	0,5910
= Nußbaum	0,677
= Pappel, gemeine	0,383
= = span. weiße	0,529

Name der Körper.	Dichte.
Holz: Pappel ital. frisch	0,7634
= = = getr.	0,3931
= Pflaumenbaum	0,785
= Pomeranzenbaum	0,705
= Roßkastanie frisch	0,8614
= = getrocknet	0,5749
= Rothtanne frisch	0,8699
= = getrocknet	0,4710
= Saalweide frisch	0,7155
= = getrocknet	0,5289
= Schwarzpappel frisch	0,7795
= = getrocknet	0,3656
= Sommereichen vom Kern	0,618
= = frisch	0,695
= = trocken	0,720 – 0,795
= = v. Splint frisch	0,610
= = v. Stamm frisch	0,845 – 0,850
= = v. d. Wurzel frisch	0,880
= = v. d. Zweigen frisch	0,698 – 0,780
= Steineiche	0,900 – 1,100
= Stieleiche frisch	1,0494
= = getrocknet	0,6777
= Traubeneiche frisch	1,0754
= = getrocknet	0,7075
= Tulpenholz	1,070
= Ulme frisch	0,9476
= = getrocknet	0,5474
= Weide, weiße, frisch	0,9859
= = getrocknet	0,4873
Hornsilber	5,129
Indigo	0,769
Jod bei 0° C.	4,948
Jodkohlenwasserstoff	1,05
Iridium in Pulver	15,863 – 19,500
= in Stücken	15,588
Judenpech	1,104
Kadmium bei 13° R. gegossen	8,604
= gehämmert	8,6944
Kadmiumoxyd	8,183
Kadmium, kohlensaures	4,420
Kalihydrat	1,708 – 2,100

Digitized by Google

Name der Körper.	Dichte.
Kalilauge mit 100 Th. Kali	2,40
= = 84 = =	2,20
= = 72,7 =	2,00
= = 63,6 =	1,88
= = 56,8 =	1,78
= = 51,2 =	1,68
= = 46,7 =	1,60
= = 42,9 =	1,52
= = 39,6 =	1,47
= = 36,8 =	1,44
= = 34,4 =	1,42
= = 32,4 =	1,39
= = 29,4 =	1,36
= = 26,3 =	1,33
= = 23,4 =	1,28
= = 19,5 =	1,23
= = 16,2 =	1,19
= = 13,0 =	1,15
= = 9,5 =	1,11
= = 4,7 =	1,06
Kali, arsenikſaures	1,80
= chromſaures	2,612
= kohlenſaures	1,4594
= ſalpeterſaures	1,98
= ſalzſaures	1,8365
= ſchwefelſaures	2,636
= ſaures, weinſteinſaures	1,900
= Eiſenoxydul blauſaures	1,833
Kalium bei 0° C.	0,8651
Kalk, ätzender	1,842
= borarſaurer	0,7007
= eſſigſaurer	1,005
= flußſaurer	3,191
= kohlenſaurer	2,456 / 2,720
= = kryſt.	2,717
= phosphorſaurer	3,180
= ſalpeterſaurer	1,621
= ſalzſaurer	1,760
= ſchwefelſaurer	2,3316
Kanonengut	8,441 / 9,235
Kieſelerde	2,743
Kleber	1,482
Kobalt metall	7,512
= gegoſſen	7,811
Kobaltoxyd, glaſiges	2,4405
Kobaltſuperoxyd	5,322
= Bleierz	8,444
= Blei, 6 bis 8 Th. K. 1 Th. Bl.	9,780

Name der Körper.	Dichte.
Kobaltglas, blaues (Schmalte)	2,440
Kobaltſuperoxyd	5,322
Kochſalz (her. Steinſalz)	2,257
Kohlen, natürl.	1,2 / 1,5
= aus Alkohol	2,100
= Atlasholz mit Poren	0,55
= = ohne Poren	0,84
= Botanibaiholz mit Poren	0,57
= = ohne Poren	1,12
= Braſilienholz mit Poren	0,60
= = ohne Poren	1,40
= Ebenholz mit Poren	0,93
= = ohne Poren	1,36
= Eichenholz	1,573
= kryſtalliſirt	0,980
= Guajak	0,68718 / 0,84829
= Kokosholz mit Poren	0,94
= = ohne Poren	1,84
= Königsholz mit Poren	0,70
= = ohne Poren	1,17
= Kork	0,100
= Pappelholz	0,12372 / 1,18743
= Steinkohlen deſtill.	0,865
= Tannenholz	0,600
= Tulpenholz mit Poren	0,76
= = ohne Poren	1,26
Kohlenſulphurid	1,263 / 1,272
Kohlenwaſſerſtoff, Gemenge, wie es ſich aus comprimirtem Oelgas abſetzt	0,821
Kohlenwaſſerſtoff, ſchwefelſaurer	0,980
Kreide	2,797 / 2,657
Kupfer (octaëd.) gediegen	8,5844
= gegoſſen	7,788
= gehämmert	8,878
= gezogen zu Draht	8,78
= geſchmolzen u. ſchnell abgekühlt	8,900
= von Sibirien	8,508
= von Ungarn	7,728
= arſenikſaures	1,150
= eſſigſaures	1,779
= phosphorſaures	4,205

Name der Körper.	Dichte.
Kupfer, salpetersaures	2,174
= salzsaures	3,750
= schwefelsaures	2,194
Kupferprotoxyd	5,300
= Bioxyd	6,136
= Oxyd	6,093
= Oxydul	6,052
= Phosphorid	7,122
Kyan, tropfbares	0,900
Lakmuspigment	1,9
Magnesia	2,300
= Hydrat kryst	2,130
= essigsaure	1,378
= phosphorsaure	1,549
= salpetersaure	1,736
= salzsaure	1,601
= schwefelsaure	1,232
Mangan	8,0301 / 8,013
Menakan	4,427
Mennig	8,940
Messing	7,600 / 8,800
Metalle, nat. vork	9,7 / 20,0
Molybdän	8,600
Molybdänsilber	8,000
Naphta, ameisensaures	0,9157
Naphtalin, künstliches	0,78
Natrium bei 10° C	0,9348
Natrum, kohlensaures (hemiprism. Natronsalz)	1,423
= essigsaures	2,109
= phosphorsaures	1,333
= kohlensaures kryst	1,738
= salzsaures (prism. Salz)	2,125 / 1,526
= salpetersaures	2,0964
= schwefelsaures	1,446
= blausaures Eisenoxydul	1,800
Natrum, 1½ schwefelsaures	2,26
= wasserfrei	2,640
= kristallisirt	1,350
= borsaures	1,723
Nickel dargestellt von Richter	8,834
= = = = Gruber	8,713
= reinste Sorte	7,000 / 9,000
Nickel geschwefelter / = Kupfernickel	6,620
Nickelsuperoxyd	4,846
Oele	
Ackermünzenöl	0,912
Aniséöl bei 25°	0,9857
Bergamottöl	0,8856
Bernstein	0,8792
Beyandt	0,8856
Buchecker	0,9230
Cajeput bei 9°	0,9474
Calmus	0,8990
Camillen	0,8943
Cascarille	0,9380
Ceder	0,8786
Citronen	0,8517
= bei 22°	0,8470
Coriander	0,8655
Delphin	0,9178
Dille	0,9128 / 0,881 / 0,994
Erd	0,880
Fenchel	0,9294
Fenchelsamen	1,008
Fuselöl aus Getreide	0,821
= mit Wasser	0,8233
Gewürznelken	1,036
Flüchtiges aus Hanf	0,926
aus Haselnüssen	0,916
Kolsa (gutes Rüböl bei 15°)	0,9136
Kopaivabalsam	0,9925
Krausemünze	0,9696
Kümmel	0,975
Lavendel	0,9480
Leinsamen	0,928 / 0,9530
= bei 12°	0,9395
= bei 25°	0,93
= bei 50°	0,9125
= bei 94°	0,8815
Löffelkraut	0,943
Mais	0,9538
Mandeln	0,9178 / 0,92
Melissen	0,9750
Mohn bei 15°	0,9249
=	0,929
Muskatnuß	0,948
Nelken	1,0340
Nuß	0,9470
Oliven	0,915

Digitized by Google

Name der Körper.	Dichte.	Name der Körper.	Dichte.
Oele, Oliven, grüne	0,935	Phosphorplatin	5,280
= gelbe	0,9220	Phosphorprochlorid	1,450
= weiße	0,9275	Pinoytalg bei 15°	0,926
Petersilie	1,1650	Platin, gediegen	17,332
Pfeffermünze	0,9550	= in Naturkörnern	15,600 – 17,200
Pomeranzenblüthe	0,9085	= gemünzt	21,012 – 22,100
Pomeranzenschalen	0,8880	= geschmolzen	20,857
Raps	0,9193	= gewalzt	22,069
Rauten	0,9110	= Peruanisches	17,7
Reinfarren	0,933	= Körner in Salpetersäure gesotten	17,500 – 18,500
Ricinus bei 12°	0,9699	= aus Rußland	17,1 – 17,6
= bei 25°	0,9575	Platindraht	19,267
= bei 94°	0,9081	nach Wollastons Methode dehnbar gemacht	
Rosen bei 32°,5	0,8320	in Drahtform	21,5
Rosmarin	0,915	= von Clarke mit den Knallgebläse geschmolzener Draht	21,16
Rüböl bei 15°	0,9128	Platinpalladium (zu gleichen Theilen)	15,141
Salvey	0,901	Platinschwamm (im Mittel)	16,557
Sassafras bei 6°	1,245	Porcellain Berliner	2,293
= bei 12°	1,110	Chinesisches	2,384
Schafgarben	0,8520	Französisches	2,145
= bei 15°	0,9170	Sächsisches	2,493
Segenbaum	0,9155	Sanitätsgut	2,254
Senf, flüchtig	1,0387	Wiener feinstes	2,209 – 2,387
Spikol	0,8770	= Mittelgatt.	2,132
Sternanis	0,982	Quecksilber bei 0° C	13,598
Tausendguldenkrautbl.	0,852	= Präcipitat roth	8,399
Terpentin	0,8725	= blausaures	2,761
Thymian	0,905	= borsaures	2,266
Valeriana	0,9650	= phosphorsaures	4,985
Wachholder	0,911 – 0,858	= salpetersaures	3,914
Wallnüße	0,928	= salzsaures	7,176
= bei 12°	0,9283	= schwefligsaures	4,068
= bei 25°	0,9194	= schwefelsaures	6,440
= bei 94°	0,871	Quecksilberoxyd	11,085
Weinöl bei 10°,5	0,9174	= oxydul	10,690
= süßes	0,921	= deutoxyd	7,140
Weinsteinöl	1,5400	= iodid	7,750
Wermuth	0,9725	= bisulphurid	8,124
Wurmkraut	0,9315	Rauschgelb (prismatoid. Schwefel) gelb	3,480
Ysop	0,8892	= (hemiprism. Schwefel) rothes	3,556
Zimmt	1,035	Reißblei	1,987 – 2,089
Opium	1,3365		
Osmium ungefähr	10,000		
Osmium Iridium aus Rußland	17,969 – 18,571 – 18,644		
Palladium	11,8 – 11,682 – 12,148		
= gegossen	11,3		
Pech, weißes	1,072		
Phosphor	1,770 – 1,821		

Digitized by Google

Name der Körper.	Dichte.
Rhodium	11,000
Rhodiumgold	15,48 bis 16,8
Rhodiumsilbergold. 38,5 R. 61,0 G. 0,5 S	15,40
Salmiac	1,420 bis 1,453
Salpeter	1,93
= natürl	1,9369
Salpeterkochsalzlösung, gesättigte (36°)	1,3057
Säure, natürl. mineral.	3,7 bis 0,0015
Aetherſäure	1,0150
Ameiſenſäure	
= concentrirteſte	1,117
= mit gleichen Th. Waſſer	1,030
Arſenikſäure	1,8731
= verglaſet	3,391
= 100 Th. derſ. in 43 Th. Waſſer.	2,550
= natürl	3,698
= (Arſenikblüthe)	
Arſenigte = Säure	3,729
Aſparaginſäure (8°,5)	1,873
Benzoeſäure	0,667
Blauſäure (2° R.)	0,205
= waſſerfreie bei 7° C.	0,7058
Blauſäure, wäßrige nach Ure	
Procent Säure 16,0	0,9570
10,6	0,9768
9,1	0,9815
8,0	0,9840
7,3	0,9870
6,4	0,9890
5,8	0,9900
5,3	0,9914
5,0	0,9923
4,6	0,9930
4,0	0,9940
3,6	0,9945
3,2	0,9952
3,0	0,9958
2,7	0,9964
2,5	0,9967
2,3	0,9970
2,1	0,9973
2,0	0,9974
1,7	0,9978
1,6	0,9979

Name der Körper.	Dichte.
Borarſäure	1,495
= kryſtall	1,480
= verglaſet	1,803
Butterſäure bei 25°	0,9675
Chinaſäure	1,637
Citronenſäure (kryſtall).	1,617
Cyanſäure	1,7 bis 1,8
Delphinſäure bei 25° C.	0,9410
Eſſigſäure concentrirteſte	1,063
= am meiſten mit Waſſer verd	1,0791
= weiße	1,025
= rothe	1,014
= Waſſergehalt 0 %	1,0630
8,3	1,0742
17	1,0770
23	1,0791
28,1	1,0763
33,3	1,0742
37,6	1,0728
47	1,0658
50	1,0637
51,8	1,0630
Flußborſäure tropfbar	1,770
Flußſäure concentrirteſte	1,0609
= mit möglichſt viel Waſſer	1,250
Hydroiodſäure concentrirt	1,700
Hydrothionſäure bei 7°, 2 tropfb	0,9
Kleeſäure	1,507
Kampherſäure	0,770
Molybdänſäure	3,460
Oelſäure 18°	0,898
Orangenſäure	1,0176
Phosphorſäure waſſerfrei	2,687
= Hydrat verglaſet	2,876
= wäſſrige	2,000
Salpeterſäure, mögl. concentrirt	1,580
1 Th. 99 T. Waſſer.	1,0053
2 98	1,0106
3 97	1,0159
4 96	1,0212
5 95	1,0267
6 94	1,0320
7 93	1,0375
8 92	1,0430
9 91	1,0485

Name der Körper.	Dichte.	Name der Körper.	Dichte.
10 Th. 90 Th. Wasser.	1,0540	65 Th. 35 Th. Wasser.	1,3732
11 89	1,0595	66 34	1,3783
12 88	1,0651	67 33	1,3833
13 87	1,0708	68 32	1,3882
14 86	1,0764	69 31	1,3945
15 85	1,0821	70 30	1,3978
16 84	1,0878	71 29	1,4023
17 83	1,0935	72 28	1,4065
18 82	1,0993	73 27	1,4107
19 81	1,1051	74 26	1,4147
20 80	1,1109	75 25	1,4189
21 79	1,1168	76 24	1,4228
22 78	1,1227	77 23	1,4269
23 77	1,1286	78 22	1,4306
24 76	1,1343	79 21	1,4346
25 75	1,1403	80 20	1,4385
26 74	1,1465	81 19	1,4424
27 73	1,1525	82 18	1,4460
28 72	1,1587	83 17	1,4500
29 71	1,1648	84 16	1,4530
30 70	1,1709	85 15	1,4570
31 69	1,1770	86 14	1,4600
32 68	1,1833	87 13	1,4640
33 67	1,1895	88 12	1,4670
34 66	1,1958	89 11	1,4700
35 65	1,2019	90 10	1,4730
36 64	1,2084	91 9	1,4760
37 63	1,2148	92 8	1,4790
38 62	1,2212	93 7	1,4820
39 61	1,2277	94 6	1,4850
40 60	1,2341	95 5	1,4880
41 59	1,2402	96 4	1,4910
42 58	1,2462	97 3	1,4940
43 57	1,2523	98 2	1,4960
44 56	1,2583	99 1	1,4980
45 55	1,2644	100 0	1,5000
46 54	1,2705	Salpetersäure vollkommen	
47 53	1,2765	weiß, concentrirt....	1,480
48 52	1,2826	Salzsäure...	1,194
49 51	1,2887	1 Th. 99 Th. Wasser.	1,0020
50 50	1,2947	2 98	1,0040
51 49	1,3001	3 97	1,0060
52 48	1,3056	4 96	1,0080
53 47	1,3110	5 95	1,0100
54 46	1,3163	6 94	1,0120
55 45	1,3216	7 93	1,0140
56 44	1,3270	8 92	1,0160
57 43	1,3323	9 91	1,0180
58 42	1,3376	10 90	1,0200
59 41	1,3427	11 89	1,0220
60 40	1,3477	12 88	1,0239
61 39	1,3529	13 87	1,0259
62 38	1,3579	14 86	1,0279
63 37	1,3630	15 85	1,0298
64 36	1,3681	16 84	1,0318

Digitized by Google

Name der Körper.	Dichte.	Name der Körper.	Dichte.
Salzsäure		Salzsäure	
17 Th. 83 Th. Wasser.	1,0337	71 Th. 29 Th. Wasser.	1,1431
18 82	1,0357	72 28	1,1452
19 81	1,0377	73 27	1,1473
20 80	1,0397	74 26	1,1494
21 79	1,0417	75 25	1,1515
22 78	1,0437	76 24	1,1536
23 77	1,0457	77 23	1,1557
24 76	1,0477	78 22	1,1578
25 75	1,0497	79 21	1,1599
26 74	1,0517	80 20	1,1620
27 73	1,0537	81 19	1,1641
28 72	1,0557	82 18	1,1661
29 71	1,0577	83 17	1,1681
30 70	1,0597	84 16	1,1701
31 69	1,0617	85 15	1,1721
32 68	1,0637	86 14	1,1741
33 67	1,0657	87 13	1,1762
34 66	1,0677	88 12	1,1782
35 65	1,0697	89 11	1,1802
36 64	1,0718	90 10	1,1822
37 63	1,0738	91 9	1,1846
38 62	1,0758	92 8	1,1857
39 61	1,0778	93 7	1,1875
40 60	1,0798	94 6	1,1893
41 59	1,0818	95 5	1,1910
42 58	1,0838	96 4	1,1928
43 57	1,0859	97 3	1,1946
44 56	1,0879	98 2	1,1964
45 55	1,0899	99 1	1,1982
46 54	1,0919	100 0	1,2000
47 53	1,0939	Schwefelsäure in undurchsichtigen Nadeln bei	
48 52	1,0960	13° R.....	1,9546
49 51	1,0980	= geschmolzen bei 20° R.	1,970
50 50	1,1000	= möglichst concentrirt..	2,125
51 49	1,1020	= wie sie im Handel als Vitriolöl vorkommt.	1,860
52 48	1,1041	= englische.....	1,848
53 47	1,1061	Schweflige tropfbar....	1,45
54 46	1,1082	Hydrat derselben.....	1,05
55 45	1,1102	Verdünnte Schwefelsäure nach Dalton	
56 44	1,1123	trockene Säure 81 p. C.	1,850
57 43	1,1143	80	1,849
58 42	1,1164	79	1,848
59 41	1,1185	78	1,847
60 40	1,1206	77	1,845
61 39	1,1226	76	1,842
62 38	1,1247	75	1,838
63 37	1,1267	74	1,833
64 36	1,1287	73	1,827
65 35	1,1308	72	1,819
66 34	1,1328	71	1,810
67 33	1,1349	70	1,801
68 32	1,1369		
69 31	1,1389		
70 30	1,1410		

Digitized by Google

Name der Körper.	Dichte.
trockene Säure 69 p. C.	1,791
68	1,780
67	1,769
66	1,757
65	1,744
64	1,730
63	1,715
62	1,699
61	1,684
60	1,670
58,6	1,650
50	1,520
40	1,408
30	1,300
20	1,200
10	1,100
Verdünnte Schwefelsäure nach Delezenne	
Säure bei 15° C. 0 p. C.	0,998635
5	1,028375
10	1,065856
15	1,099755
20	1,137816
25	1,176687
30	1,215421
35	1,256211
40	1,297562
45	1,340860
50	1,386607
55	1,434725
60	1,486006
65	1,540191
70	1,594626
75	1,653449
80	1,709026
85	1,760161
90	1,804971
95	1,831763
100	1,840556
Säure bei 25° C. 0 p. C.	0,995478
2,5	1,011532
5	1,027204
10	1,060449
20	1,131126
30	1,207842
40	1,286807
50	1,377973
60	1,476711
70	1,586291
80	1,699580
90	1,793986
100	1,828646
Unterschwefelsäure	1,347
Schwefelblausäure	1,0203

Name der Körper.	Dichte.
Schwefelnaphtalinsäure, feste	1,3 – 1,4
Stachelbeersäure	1,0581
Tantalsäure	6,500
Weinsteinsäure	1,750
Wolframsäure	5,274
Schießpulver gehäuft	0,836
" " geschüttelt	0,932
" " gestampft	1,745
Schwefel, natürlicher	1,9 – 3,6
" " (prismatisch)	2,072
" " gediegen	2,033
" " dick flüssig	2,325
Schwefelantimon ($1\frac{1}{2}$)	4,600
Schwefelarsenik roth	3,600
" " gelb	3,480
Schwefelblei	7,585
Schwefelchlorid	1,600
Schwefelkalilösung	
1 Th. Schw.kal. 1 Wass.	1,369
1 2	1,227
1 3	1,167
1 4	1,129
1 5	1,109
1 6	1,093
1 7	1,081
1 8	1,071
1 9	
Schwefelkies (hexaedr.)	4,9 – 5,05
Schwefelkohlenstoff	1,272
Schwefelkupfer	5,792
Schwefelmolybdän	4,138 – 4,569
Schwefelnatronlösung	
1 Schwefelnat. 1 Wasser.	1,412
1 2	1,270
1 3	1,190
1 4	1,151
1 5	1,125
1 6	1,106
1 7	1,093
1 8	1,083
1 9	
1 10	1,073
Schwefelsilber	6,900
Schwefelwismuth	7,591
Sedativsalz	1,479
Selen	4,300 – 4,320
Selenblei bei 10°,5	7,697
Selensilber	8,0
Silber (hexaedr.) gedieg	10,4723
" gegossen	10,474

Digitized by Goog

Name der Körper.	Dichte.
Silber, gehämmert	10,511
= Sterling oder engl. Probesilber	10,200
= nach dem franz. Münzfuße vom Jahre 1780 gegossen	10,047
= dasselbe gemünzt	10,048
= in Kronthalern	10,106 – 10,227
= in Speciesthalern	10,196 – 10,227
= in Zwanzigern	9,217 – 10,106
Silberiodid	5,614
Silberoxyd	7,143
Silber, phosphorsaures (7°,5 C.)	7,32
= pyrophosphorsaures	5,306
Silberkupferglanz	6,255
Silberamalgam 36 S. 64 Q.	14,000
Silberantimon 24 S. 76 A.	9,600
Silbersulphurid	6,900
Soole von Kochsalz bei 15° R. mit 0,71 p. C. Salz.	1,005
1,42	1,010
2,11	1,015
2,82	1,020
3,52	1,025
4,21	1,030
4,91	1,035
5,69	1,040
6,28	1,045
6,97	1,050
7,65	1,055
8,33	1,060
9,00	1,065
9,68	1,070
10,53	1,075
11,02	1,080
11,73	1,085
12,35	1,090
13,01	1,095
13,67	1,100
14,33	1,105
15,00	1,110
15,64	1,115
16,29	1,120
16,94	1,125
17,59	1,130
18,23	1,135
18,87	1,140
19,52	1,145
20,15	1,150
20,79	1,155
21,43	1,160
22,06	1,165
22,69	1,170
23,32	1,175
23,94	1,180
24,57	1,185
25,19	1,190
25,82	1,195
26,44	1,200
27,50	1,205
Spießglanz (regul.)	6,640 – 6,624
= Protoxyd	5,778
= Deutoxyd	6,525
Spießglanzsilber (prism. Antimon)	9,820 – 9,4406
Spießglanzweiß (prism. Antimonbaryt)	5,5 – 5,6
Spießglanzzinn 1 Sp. 1 Z.	6,803
= 1 3	7,059
Stahl gehämmert	7,840
= gehärtet in Wasser	7,816
= gehämmert und gehärtet in Wasser	7,818
= weicher	7,833
Strontionerde	1,647
= = schwefelsaure	1,460
= = salpetersaure	3,006
= = salzsaure	1,440
Strontium	4,0 – 5,0
Talg	0,942
Tellur, gediegen	6,138
Tellurblei	8,159
Tellursilber	8,565
Terpentin, flüssig	0,991
Thonerde reine	0,820
= essigsaure	1,245
= schwefelsaure	2,219
= salpetersaure	1,645
= geglühte	2,000
Thorerde	9,402
Titan	5,300
Titanoxyd	3,820
Uran	6,940 – 6,440
Vitriolsalz	1,8 – 2,3
Vitriol, natürl. Eisenvitriol	1,832
= Danziger	1,715

Name der Körper.	Dichte.
Vitriol, englischer	1,839 – 1,880
= Kupfervitriol	2,194 – 2,230
= natürl. Zinkvitriol	2,036
Wachs, gelbes	0,965
= weißes	0,969
Wallrath	0,943
Wasser, rein destillirt	1,000
Regenwasser bei 14° R. von der größten Dichte möglichst oxygenirt mit 475 fachen Vol. Oxygengas	1,0001 – 1,0013
Meerwasser	1,452
= mit Kohlensäure gesättigt	1,02 – 1,524
Wasserblei (rhomb. Molybdänglanz)	4,591
Wasserglas	1,25
Weinstein	1,849
= roh	1,900
Wismuth gediegen	9,737 – 9,312
= gegossen	9,756 – 9,822
= geschwefelt	6,467 – 7,591
= natürlicher	9,020 – 9,570
Wismuthblei 1 W. 1 Bl.	10,710
Wismuthoxydhydrat	6,761
= = geglüht	8,968 – 8,211
Wismuthzinn 41 Wism. und 59 Zinn	8,345
1 W. 3 Z.	7,776
Wolfram metall	17,220 – 17,400
Yttererde	4,842
= phosphors. 16° C.	4,5577
= schwefels. kryst.	2,79

Name der Körper.	Dichte.
Zink, geschmolzen	6,861
= zusammengepreßt	7,191
= gegossen	7,190
= oxyd (prism. Zinkerz)	5,432
= schwefelsaures	1,327
= salpetersaures	2,096
= salzsaures	1,577
= Baryt (rhom.) honiggelb	4,441
Zinn möglichst rein	7,2912
= aus Böhmen, gegossen	7,312
= = England	7,291
= = China, Japan, Ostindien	7,296
= = Malaga	7,296
= = gehämmert	7,306
Zinnamalgam 1 Z. 2 Q.	11,3816
1 1	10,3447
2 1	9,3185
3 1	8,8218
Zinnblei 1 Th. Z. 1 Th. Bl.	8,8640
2 3	9,2653
1 2	9,5535
2 5	9,7701
1 3	9,9387
2 7	10,0734
1 4	10,1832
3 2	8,4973
2 1	8,2669
5 2	8,1094
3 1	7,9942
Zinnoxydul	6,666
= geglüht	6,639
= hydrat	4,933
Zinndeutoxyd	6,900
Zinnperchlorid	2,250
Zinnprosulphurid	5,267
Zinnbisulphurid	4,415
Zinnober (peritom. Rubinblende)	8,098
= dunkelroth	7,786
= krystall.	10,218
Zirkonerde	4,300
Zucker (weiß)	1,6065

Dichte der expansiblen Flüssigkeiten.

Name der expans. Flüss.	Dichte.	Gewicht 1 Lichtes bei 0° C. und 0′ B. in Granen.
Atmosphärische Luft	1,0000	1,2991
Aetherdämpfe, und zwar		
Benzoëätherd	5,409	7,0267
Essigätherd	3,0634	3,9796
Jodwasserstoffätherd	5,4749	7,1123
Oxalätherd	5,087	6,6084
Salpeterätherd	2,627	3,4127
Salzätherd	2,2190	2,8827
= schwerer	3,4434	4,4728
Schwefelätherd	2,5860	3,3595
Alkoholdampf	1,6133	2,0958
Ammoniakgas	0,5967	0,7752
Arsenikdampf	5,1839	6,734
Arsenikwasserstoffgas	2,695	3,5023
Bordampf	0,7487	0,9726
Bromdampf	5,3934	7,0065
Bromchlorid	3,942	5,1212
Bromsäuregas	2,731	3,5479
Chlorgas	2,4216	3,2088
Chlorarsenik im Minim.	6,3006	8,1850
Chlorkiesel	5,9390	7,7154
Chlorkohlenstoff	3,4722	4,5106
Chlorphosphord. im Minim	4,875	6,3332
Chlorperoxydgas	4,1182	5,3498
Chlorprotoxydgas	2,4090	3,1294
Chlorbor	3,942	5,1212
Chlorcyangas	2,123	2,7578
Chlorzinn im Maxim.	1,1997	1,5583
Chloroxydcarbongas	3,3990	4,4156
Chlorstickstoffoxydgas	1,5269	1,9835
Chlorcyan	6,836	8,8806
Cyangas	1,8064	2,3467
Cyansaurer Dampf	0,9476	1,2310
Flußsäuregas	2,3694	3,0779
Flußborsäuregas	2,3790	3,0799
Flußsiliciumgas	3,600	4,6768
Joddampf	8,7078	11,3122
=	8,716	11,3231
=	8,6195	11,1975
Jodwasserstoffgas	4,430	5,7550
Joosäuregas	4,4193	5,7410
Kohlendampf	0,4166	0,5417
Kohlensäuregas	1,5245	1,9805
Kohlenoxydgas	0,9569	1,2431
Kohlenwasserstoffgas im Max.	0,9816	1,2752
= im Min.	0,5596	0,7270
= aus Steinkohlen	0,300	0,390
= = =	0,654	0,850
Naphtadampf von Miano	2,833	3,6804
Phosgengas	3,3894	4,4036
Phosphord	2,2052	2,8647
Phosphorprofluorid	5,9390	7,7154
Phosphorwasserstoff im Max.	1,1912	1,5471
= im Min.	0,9028	1,1728
Quecksilberdampf	6,976	9,0625
Salpetergas	1,0388	1,3495
Salpetrigsaures Gas	3,1764	4,3243
Salzsäuregas	1,2474	1,6205
Sauerstoffgas	1,10359	1,4335
Schwefeldampf	1,1141	1,4434
Schwefelsäuregas	2,1204	2,7546
Schwefligsaures Gas	2,1930	2,8489
Schwefelcarbonidampf	2,6447	3,4357
Schwefelwasserstoffgas	1,1912	1,5474
Silicium d	1,0197	1,3245
Siliciumfluoridgas	5,9390	7,7153
Stickgas	0,9757	1,2675
Stickstoffoxydgas	1,5252	1,9814
Terpentinöldampf	5,0130	6,5124
Titandampf	2,107	2,7371
Titanperchloridgas	6,836	8,881
Wasserdampf	0,6231	0,8100
Wasserstoffgas	0,0688	0,0894
Zinndampf	4,053	5,265
Zinnperchloridd.	9,1997	11,9511

Digitized by Google

Differentialbarometer ist ein von August erfundenes Instrument, die Dichtigkeit der Luft nach der Quecksilbersäule zu messen, welche erforderlich ist, dieselbe in einem eingeschlossenen Raume bis auf einen gewissen Grad zu comprimiren; woraus sich, wenn das Maß der Verdichtung bekannt ist, auch die wirklichen Barometerstände berechnen lassen. Die wesentlichen Bestandtheile eines Differentialbarometers sind eine weitere, oben geschlossene Glasröhre L, (Fig. 228.) und eine mit ihr in Verbindung stehende längere, engere und oben offene Glasröhre a b; d ist eine Oeffnung, durch welche Quecksilber in die Röhren gedrückt werden kann. Wird in diesen Apparat bei d Quecksilber eingedrückt, so steigt dieses in beide Röhren, indem es in der Röhre L die Luft bis zu einem gewissen Grade comprimirt, aus der offenen Röhre a b aber dieselbe nur heraustreibt. Daher wird es in der Röhre a b allezeit höher stehen als in der Röhre L, und zwar desto höher, je mehr Widerstand die Luft in L ausübt. Gesetzt bei einem Versuche steige das Quecksilber in der Röhre L bis c, und in der Röhre a b bis b'; bei einem zweiten Versuche aber, wo sich andre Luft in dem Apparate befindet, steige das Quecksilber in a b höher, indem es in L bis c steigt, so wird daraus folgen, daß die zweite Luft dichter als die erste sei, und die Differenz zwischen beiden Dichten wird durch die Verlängerung der Quecksilbersäule in a b angegeben sein. Die Berechnung des wirklichen Barometerstandes aus des Beobachtung am Differentialbarometer ist leicht zu verstehen. Zuerst wissen wir, daß sich bei gleichen Massen die Dichten umgekehrt wie die Volumina verhalten (s. d. Art. Dichte). Da also vor der Zusammendrückung der Luft in L die Luft das ganze Gefäß erfüllte (das Volumen m einnahm), nach dem Einlassen des Quecksilbers aber dieselbe Masse Luft ein kleineres Volumen, nämlich den über c liegenden Theil von L, welches wir v nennen wollen, einnimmt, so verhält sich (wenn d die Dichte der Luft vor der Compression und d' die Dichte der Luft nach der Compression bezeichnet) $m : v = d' : d$. Die Luft von der Dichte d würde eine Quecksilbersäule tragen, deren Länge den wirklichen Barometerstand angibt (S. d. Art. Barometer); diese wollen wir mit x bezeichnen. Ehe nun in unseren Apparat das Quecksilber eingedrückt wurde, trug die in L befindliche Luft nur das Gewicht der durch die offene Röhre a b auf ihr lastenden atmosphärischen Luft von der Dichte d. Nachdem aber das Quecksilber eingedrückt worden ist, drückt auf die Luft in L nicht allein nach wie vor die atmosphärische Luft, sondern auch noch die Quecksilbersäule a b', (wenn nämlich a in gleicher Höhe mit c steht, und b' das Ende der Quecksilbersäule in a b bezeichnet), bis a von d an gerechnet, hält das Quecksilber in L dem Quecksilber in der dünnen Röhre das Gleichgewicht. Bezeichnen wir das Stück a b' mit b'', so leistet die Luft in L nach der Compression der Quecksilbersäule b' und außerdem dem Drucke der atmosphärischen Luft von der Dichte d, welches so viel ist als eine Quecksilbersäule $= x$ Widerstand, so also, daß der Dichte d' eine Quecksilbersäule $= x + b''$ entspricht, und der Dichte $= d$ eine Quecksilbersäule $= x$; d. h. es verhält sich $d : d' = x : x + b''$. Vorhin fanden wir die Proportionen $m : v = d' : d$; aus

Digitized by Google

beiden Proportionen folgt, daß sich verhält $m : v = x + b'' : x$; woraus $m x = v (x + b'')$; folglich $(m - v) x = v b''$ und $x = \frac{v b''}{m - v}$. Mit v war der Theil von L bezeichnet worden, welchen die Luft nach der Compression einnahm, m war der ganze Inhalt von L, nennen wir den Theil von L, welchen das Quecksilber einnimmt, n, so ist $n = m - v$ und $v = m - n$; dieß in die Formel gesetzt gibt $x = \frac{(m - n) b''}{m - (m - n)} = \left(\frac{m}{n} - 1\right) b''$. Man findet also die wirkliche Barometerhöhe (x), wenn man die Länge der Quecksilbersäule, um welche sich das Quecksilber in der Steigeröhre a b über das Niveau des Quecksilbers im anderen Schenkel L erhebt, multiplicirt mit dem Quotienten aus dem Inhalte der ganzen Röhre L, und dem Inhalte des von Quecksilber eingenommenen Theiles dieser Röhre weniger 1.

Man sieht leicht ein, daß, wie sich der Druck der äußeren Luft ändert, also die Größe von x, daß demgemäß auch die Größe von $\left(\frac{m}{n} - 1\right) b''$ anders und anders werden muß. Da man aber bei jedem Versuche das Quecksilber durch eine äußerlich angewandte Kraft in den Apparat steigen macht, so kann man dasselbe immer bis zu derselben Höhe c in L sich erheben lassen. Dann bleibt das Verhältniß von m zu n dasselbe, und ebenso bleibt der Factor $\left(\frac{m}{n} - 1\right)$ bei allen Beobachtungen derselbe, so daß die beobachtete Länge von b'' stets ein bestimmter Theil der wirklichen Barometerhöhe ist. Gesetzt z. B. es werde stets das Quecksilber so weit in die Röhre L eingedrückt, daß es den vierten Theil derselben erfülle, so verhält sich $m : n = 4 : 1$, und es ist $\frac{m}{n} - 1 = 3$; also $x = 3\ b''$ d. h. die wirkliche Barometerhöhe ist stets das dreifache derjenigen Quecksilbersäule, um die das Quecksilber in der Steigröhre a b das Niveau des Quecksilbers in L übersteigt.

Wie beim gewöhnlichen Barometer, so muß auch beim Differentialbarometer die unmittelbare Beobachtung nach der Temperatur corrigirt werden, in welcher der Versuch vorgenommen worden; denn nicht allein das Quecksilber, sondern mehr noch die in L befindliche Luft dehnen sich durch die Wärme bedeutend aus, (s. d. Art. Ausdehnung), so daß ohne diese Correctur die Resultate der Versuche durch die Temperatur modificirt und, wenn man auf dieselbe keine Rücksicht nimmt, unbrauchbar werden würden. Zur Reduction in Bezug auf die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme, kann man sich der im Art. Barometer S. 178. ff. mitgetheilten Tabelle bedienen, nachdem man den wirklichen Barometerstand mittelst der obigen Formel berechnet hat. Sonst weiß man nach der im Art. Ausdehnung S. 110. angegebenen Bestimmung von Petit und Dulong, daß sich das Quecksilber zwischen dem Nullpuncte und dem Siedepuncte der Thermometerscale um 0,018018 ausdehnt, also für 1° R. um 0,000225. Die Ausdehnung der Quecksilbersäule durch die Wärme ist

Digitized by Google

also für 1° R. gleich dem Product aus dieser Zahl und der Länge der Säule. Nennen wir b, die corrigirte Länge der Queckſilberſäule, welche ſich in a b über das Niveau des Queckſilbers in L erhebt; ſo iſt hiernach, wenn mit T die Grade der Reaumurſchen Scale und ihre Zehntheile bezeichnet werden $b, = b'' - b'' T. 0{,}0000225$ für Grade über dem 0 Punkte der Scale, und $b, = b'' + b'' T. 0{,}0000225$ für Grade unter dem Gefrierpunkte.

Eine Correctur in Bezug auf die Ausdehnung der Luft in der verſchloſſenen Röhre L, welche durch die Wärme bewirkt wird, iſt nur inſofern nöthig, als die Temperatur der eingeſchloſſenen Luft eine andre als die der freien atmoſphäriſchen Luft iſt. Deßwegen muß man die Beobachtung nicht eher anſtellen, bis die Luft in L genau die Temperatur der atmoſphäriſchen Luft hat, ſonſt muß man ebenfalls eine Correctur anbringen, und zwar (gemäß den Verſuchen) nach der Formel $b, = b'' + b'' (t. 0{,}00469 + t^2\ 0{,}00469^2)$ wo b, die verbeſſerte Höhe der Queckſilberſäule, b'' die beobachtete Höhe und t der Unterſchied der Temperatur der eingeſchloſſenen und der äußeren Luft bezeichnen.

Horner gibt folgende Beſchreibung eines vollkommenen Differentialbarometers.

AB Fig. 229. iſt ein cylindriſches Stück Buxbaumholz, in welches die cylindriſchen Glasröhren L und a b etwa $\frac{3}{4}$ Zoll tief eingeſenkt ſind. Unten bei d tritt ein Schraubengang hinein und dort ſind die etwa $1\frac{1}{2}$ Linien weiten Kanäle d e, d f und d q, die zu beiden Röhren und dem Thermometer t führen, ſo ſchräg eingeſchnitten, als es die Anbringung des Bohrers geſtattet. In den Schraubengang tritt das ebenfalls cylindriſche Stück C D E K. Fig. 230., welches oben eine ſphäriſche Vertiefung hat, die der Convexität bei d entſpricht, und bei g mit einem koniſchen Loche verſehen iſt, durch das die Verbindung mit dem kugelförmigen Raume g h i k hergeſtellt wird. Dieſer wird einerſeits durch die ſphäriſche Höhlung i g k im Holze C D, andererſeits durch den Lederbeutel i h k gebildet, welcher bei i und k um einen Anſatz feſt und dicht herumgebunden iſt. Man nimmt dazu vollkommen dichtes, mit der Narbe verſehenes Bockleder, auf deſſen Befeſtigung alle Sorgfalt verwendet werden muß, weil bei dieſem Inſtrumente der Druck weit größer iſt, als bei dem gewöhnlichen Barometer. Unweit des Anſatzes i k iſt ein Schraubengang eingeſchnitten, durch welchen das Stück E K an C D angeſchraubt iſt. In demſelben befindet ſich die Kugelſchale H aus Holz oder Meſſing, welche vermittelſt der Schraube S gehoben werden kann, um den Lederbeutel in die Halbkugel i g k hineinzudrücken. Die Hülſe E K dient zur Beſchützung des Beutels; die Schale H hat auf der Schraube S freie Drehung, damit ſie beim Umdrehen derſelben nicht nachfolge. Der Fuß, eigentlich der Schraubenkopf von S iſt breit, und kann, wenn man im Zimmer beobachtet, dem Ganzen zum Stativ dienen. Der Deckel G (Fig. 231.) iſt beſtimmt, beim Transporte des Inſtruments die Büchſe C D E K zu verſchließen. Am Glascylinder L findet ſich bei c eine Hülſe, als Berührungslinie der im Raume e c befindlichen Queckſilberſäule. Die Hülſe

c wird so befestigt, daß das Quecksilber genau den vierten Theil des Luftgefäßes L einnehme. Die absolute Größe der Röhre L ist zwar gleichgültig, doch sollte sie, wenn man genaue Resultate haben will, nicht allzuklein sein; sie wird übrigens durch den Raum g h i k bestimmt, indem dieser dem vierten Theile der Röhre L, und dem Inhalte der ganzen Barometerröhre a b gleich sein muß, am vortheilhaftesten dürfte es sein, der Röhre L eine ziemliche Länge (etwa von 8 Zollen) zu geben, damit man in ihrer obern Hälfte ein sehr empfindliches Quecksilberthermometer von etwa 4 bis 5 Zoll Länge anbringen könnte; denn nur auf diese Weise darf man sich versichert halten, die wahre Temperatur der eingeschlossenen Luft zu kennen. Man gibt diesem Thermometer eine Scale von Elfenbein, deren Breite (wenigstens an beiden Enden) dem innern Durchmesser des Glascylinders gleich sein muß, damit es in der Mitte der Letztern bleibe. Die Befestigung des Thermometers im Innern desselben kann auf verschiedene Weise erreicht werden. Eine der einfachsten ist folgende: Man gibt dem Glascylinder oben eine ganz geringe kugelförmige Erweiterung, macht die Scale an ihrem oberen Ende ein wenig breiter, und ertheilt ihr daselbst durch ein Paar von oben zu beiden Seiten der Thermometerröhre heruntergehende Sägenschnitte so viel Federung, daß sie nur mit einiger Gewalt durch den Glascylinder geschoben werden kann. Die federnden Theile werden sich dann in der Kugel ausbreiten, und selbst eine starke Erschütterung wird nicht vermögend sein, das Thermometer aus seiner Stelle zu bringen. Die Steigröhre a b wird, um die Masse des anzuwendenden Quecksilbers zu vermindern, aus zwei Stücken zusammengesetzt; das untere Ende, etwa 5,5 Zoll lang, ist nur 2 Lin. weit, das obere von 5 Z. Länge nebst 1 Z. Raum für den Vernier, erhält 3 Lin. inwendigen Durchmesser. Am Glascylinder L ist unterhalb bei c ein weiteres Stück von 7 Lin. Durchmesser und 15 Lin. Höhe angeschmolzen, damit der Punkt c nicht zu weit hinaufgerückt, und dadurch das Ganze ohne Noth verlängert werde. Der obere Theil erhält etwa 5,5 Lin. Durchmesser, bei einer Länge von 6,25 Zoll. Aus diesen Dimensionen ergeben sich folgende Capacitäten: Der Steigröhre a b unterer Theil, 66 Lin. hoch und 2 Lin. weit, hält 207 Kubiklinien; der obere Theil 60 Lin. hoch und 3 Lin. weit 424 Kub. Lin., zusammen 631 Kub. Lin. Der obere Theil des Luftgefäßes L von 5,5 Lin., Durchm. und 75 Lin. Höhe hält 1800 Kub. Lin.; dessen dritter Theil ist 600 Kub. Lin. Nahe so groß, nämlich 578 Kub. Lin.; ist der untere Theil bis c von 7 Lin. Durchm. und 15 Linien Höhe. Man hat nun $631 + 578 = 1210$ K. L. für den Kubikinhalt der vom Quecksilber zu erfüllenden Räume. Gibt man dem kugelförmigen Behälter g h i k einen Durchmesser von $13\frac{1}{2}$ Lin., so erhält man einen Raum von 1295 Kub. Lin. und also nur wenig mehr, als den nothwendigen Bedarf. Durch Verengung der Steigröhre, so wie durch Verkleinerung des Gefäßes L könnte man allerdings die Quecksilbermasse vermindern, allein nicht ohne zugleich den Einfluß der Capillarität zu vergrößern, und der Genauigkeit der Beobachtung und der Empfindlichkeit des Instrumentes Eintrag zu thun. Zu beiden Seiten des Gefäßes A B erheben sich bis über die Röhre

Digitized by Google

a b hinauf zwei messingene Schienen I K, M N, von 7 bis 8 Lin. Breite und 1 bis 1,5 Lin. Dicke. Sie sind 11,5 Zolle lang, und oben durch eine messingene Röhre von 0,5 Z. Durchmesser verbunden, deren Mitte oberhalb weggeschnitten ist, um die Luftblase einer kleinen Wasserwage p' q' sichtbar zu machen, die in der Röhre befestigt ist, und den Beobachter von der verticalen Stellung des Instruments versichern soll. Die zu dieser Wasserwage gebrauchte Glasröhre darf nicht sehr enge sein, wenn jene nicht allzu unempfindlich werden soll; sollte sie zu kurz scheinen, so darf man ohne Bedenken die Messingröhre O P über die Schienen K O, N P hinausgehen lassen. Der Aufhängering R ist an einer messingenen Hülse Q befestiget, welche auf der Röhre O P durch Reibung festsitzt, damit man bei dem veränderlichen Stande des Queckſilbers in der Steigröhre a b den Aufhängepunkt nöthigen Falls ein wenig verschieben könne. Will man statt der Wasserwage ein Pendel anbringen, wozu allerdings Raum genug ist, so muß dieses in eine Glasröhre eingeschlossen werden, um gegen den Luftzug geschützt zu sein. Auch läßt sich bei unveränderlichem Aufhängepunkte leicht durch Versuche und Rechnung bestimmen, wie viel bei jedem Stande des Queckſilbers das Instrument von der Verticalität abweiche und welche Correction deßhalb an der gemessenen Höhe anzubringen sei. Zwischen der Steigeröhre a b und der Schiene M N rechter Hand befindet sich die Scale m n, an welcher der Vernier mit seiner die Barometerröhre umgebenden Hülse auf und niedergleitet, und durch eine feine Bewegung stellbar ist. Sie ist etwa $6\frac{1}{2}$ Zolle lang; ihr unterer Anfangspunkt befindet sich genau 4 Z. über dem Niveaupunkt c. Man kann sie, wenn dieser Punkt so regulirt ist, daß der Raum c c genau den 4ten Theil des ganzen Gefäßes L beträgt, sogleich in Drittelszolle abtheilen, und jeden derselben in 12 Theile zerfällen, welche den Linien des Barometers gleich sind; der Vernier gibt dann Zehntellinien an. Der Raum von $4\frac{1}{4}$ Z. unterhalb dieser Barometerscale wird von der Scale des festen Thermometers eingenommen, das die Temperatur des Queckſilbers angeben soll. Es ist ein kleines Cylinderthermometer t, dessen Röhre luftdicht durch einen eisernen oder hölzernen Pfropf p gesteckt wird, welchen man in die cylindrische Höhlung p q entweder dicht einschraubt oder verleimt. So wie beim Gebrauche das Queckſilber in die Oeffnung d hineingetrieben wird, verbreitet es sich in die drei Canäle. Die dadurch in p q gedrängte Luft entweicht durch den kleinen Seitengang r in die offene Steigröhre, und die Kugel des Thermometers wird von dem Queckſilber ganz umgeben. Dieses ist um so nothwendiger, da bei unserer Einrichtung die Röhren und das eigentliche Queckſilbergefäß beim Transport von einander getrennt sind, wodurch sie leicht in den Fall kommen, eine ganz verschiedene Temperatur zu erhalten. Es wäre allerdings leicht beide Gefäße zu vereinigen, indem man zur Verschließung des Queckſilbergefäßes bei d einen Hahn anbrächte; allein dadurch würde nicht nur das Instrument merklich verlängert, sondern es wäre überhaupt nicht zweckmäßig, die leichten und zerbrechlichen Glasröhren mit einem Körper von so schwerem Gewichte in Verbindung zu bringen. Jeder der beiden Theile des Apparates wird nun in einen Cylinder von

Digitized by Google

Pappe oder von weißem Bleche, der inwendig ausgepolstert ist, besonders verwahrt.

Zu Anstellung der Beobachtung wird das Queckſilbergefäß C D E K an das Gefäß A B festgeschraubt, und nachdem das Instrument in verticale Stellung gebracht ist, das Queckſilber mittelst der Schraube S in die Röhren gedrückt, bis die convexe Oberfläche des Queckſilbers genau die durch die Hülse c angegebene Höhe erreicht hat. Darauf wird der Vernier an der Steigröhre eingestellt, die beiden Thermometer werden notirt und man lieſt ab. Horner gibt noch den Rath, zumal für kurzsichtige Beobachter das Luftgefäß L durch einen Cylinder oder Halbcylinder von leichter Pappe gegen die vom Gesicht ausstrahlende Wärme zu schützen. Dieser Cylinder muß jedoch nach gemachter Beobachtung sogleich wieder hinweggenommen werden, damit das Luftgefäß nicht behindert sei, die Temperatur der äußeren Luft anzunehmen. Vor jeder neuen Beobachtung muß die Schraube S wieder ganz zurückgezogen werden, damit frische Luft in die Luftröhre treten kann; ohne dieses würde die durch das Queckſilber zusammengepreßte Luft allmählig zwischen dem Queckſilber entweichen, und die Säule bei b fallen. Auch die Temperatur der äußeren Luft muß gleichzeitig an einem Thermometer beobachtet werden.

Da man mit diesem Instrumente nur ein Drittheil der wahren Barometerhöhe findet, so kann man allerdings nicht so genaue Beobachtungen mit ihm anstellen, als mit dem gewöhnlichen Barometer, indem jeder Irrthum bei der Beobachtung in Bezug auf die wahre Barometerhöhe sich verdreifachen wird. Indeß hat es vor dem kostbaren Reisebarometer den großen Vortheil, daß es sich bei weitem leichter und sicherer transportiren läßt. Das Queckſilber kann nicht wie beim Barometer gegen das zugeschlossene Ende der Glasröhre schlagen und dadurch das Instrument zertrümmern.

Von dem eben erwähnten August'schen Instrumente unterscheidet sich wesentlich das von Wollaston angegebene Differentialbarometer. Dasselbe hatte ursprünglich die Bestimmung, die Kraft anzuzeigen, mit welcher die Luft in Kaminen verschiedener Art aufsteigt. Es kann aber überhaupt dazu dienen, kleine Unterschiede im barometrischen Drucke kenntlich und mit großer Genauigkeit meßbar zu machen. Das Fig. 232. abgebildete Instrument besteht aus einem Kästchen A, welches durch eine Scheidewand in zwei besondere Behältnisse getheilt wird; das eine dieser Behältnisse ist durch einen Deckel luftdicht verschlossen, ist aber mit einer kleinen Seitenröhre a versehen, welche horizontal oben in die Seitenwand eingesetzt ist. Eine heberförmig gebogene Glasröhre, deren beide Schenkel gleich lang und mit einander parallel laufend sind, mündet sowohl in das eine als in das andere Behältniß. In dieses Gefäß wird nun zuerst eine Quantität Wasser gegossen, so daß beide Schenkel eine 2 bis 3 Zoll lange Wassersäule enthalten; hierauf wird in jedes Behältniß eine gleiche Quantität Oel gegossen, so daß in beiden Röhren über der Wassersäule eine Oelsäule steht, und außerdem noch der Boden der Behältnisse ein halb Zoll hoch vom Oele bedeckt wird. Sobald das Wasser in beiden Schenkeln gleich hoch steht, ist das In-

Digitized by Google

strument zum Gebrauche fertig. Zu dem Ende wird die zu dem verschlossenen Behältnisse führende Röhre a mit demjenigen Raume in Verbindung gebracht, wo eine Aenderung des Luftdruckes vor sich gehen soll, und das Steigen oder Fallen der Wassersäule beobachtet. Steckt man nämlich diese Röhre a in eine Oeffnung, durch welche die Luft in Folge eines größeren Druckes von Außen einzudringen vermag, so wird der Druck auf die Oberfläche des Oeles in dem verschlossenen Behältnisse das Wasser in dem Schenkel, welcher in dieses Behältniß mündet, hinabdrücken; eben dadurch aber wird die Wassersäule in dem anderen Schenkel sich heben, bis durch die größere Menge der Flüssigkeit, die sich in dem offenen Behälter sammelt, dem Drucke der äußeren Luft über die in dem Raume, in dem sich das Instrument befindet, das Gleichgewicht gehalten wird. Es wirkt jedoch bei dieser Erscheinung nicht das ganze Gewicht der gehobenen Wassersäule, sondern dieses wird durch eine gleiche Verlängerung der Oelsäule auf der Seite, auf welcher das Niveau herabgedrückt wird, zum Theil aufgehoben. Der ausgeübte Druck ist nur demjenigen gleich, der dem Unterschiede der gehobenen Wassersäule mit einer gleich langen Säule entspricht. Wenn man sich des Olivenöles bedient, so beträgt der ausgeübte Druck etwa $\frac{1}{11}$ der scheinbaren Erhebung, und es werden daher die im Instrumente vorgehenden Veränderungen 11 mal größer sein, als wenn man sich allein des Wassers bediente.

Es liegt in der Natur der Sache, daß man sich statt des Oeles und des Wassers auch zweier anderer Flüssigkeiten bedienen kann, wodurch nur die Empfindlichkeit des Instrumentes eine andere werden wird. Im Allgemeinen wird das Instrument desto empfindlicher sein, je näher die Dichten beider Flüssigkeiten einander stehen. So kann man z. B. die Empfindlichkeit des Instrumentes erhöhen, wenn man dem Wasser eine beliebige Menge Weingeist zusetzt, bis der Ueberschuß seines Gewichts über das des Oels bis auf $\frac{1}{20}$ oder $\frac{1}{30}$ oder auf einen noch kleinern Bruch zurückgeführt ist.

Differentialthermometer, Differenzthermometer ist ein von Leslie angegebenes empfindliches Thermometer, welches in Folge der Ausdehnung der Luft geringe Wärmegrade anzeigt; dasselbe ist in seiner von Leslie angegebenen Gestalt (Fig. 233.) abgebildet, und besteht in zwei Röhren bf und agf, an die bei a und b zwei möglichst gleich große Glaskugeln (4 bis 7 par. Linien im Durchmesser) angeblasen sind, und die bei f mit ihren etwas sich erweiternden Mündungen an einander geschmolzen sind. In diesen nun ein Ganzes ausmachenden Röhren befindet sich eine geringe Quantität von einer mit Karmin gefärbten Flüssigkeit. So lange beide Schenkel des Instrumentes derselben Temperatur ausgesetzt sind, wird die in beiden Schenkeln gleich erwärmte, daher auch gleich elastische Luft denselben Druck gegen die Flüssigkeit ausüben, und daher diese nicht aus der Stelle gerückt werden. Sobald aber der eine Schenkel einer höheren Temperatur als der andere ausgesetzt wird, gewinnt die Elasticität der in ihm enthaltenen Luft das Uebergewicht über die der Luft im anderen Schenkel, und

Digitized by Google

drückt in derselben auf die Flüssigkeit. Das Thermometer ist also nur für die Temperaturunterschiede, welche zwischen den beiden Schenkeln und Kugeln stattfinden, empfindlich, woher es auch seinen Namen (v. d. lat. differentia, Unterschied) erhalten hat.

Um diese Unterschiede genau zu bestimmen, wird die kürzere Röhre (von etwa 0,02 oder 0,018 Z. Weite) genau calibrirt (s. d. Art.), und mit einer Scale versehen. Bei f, wo beide Röhren zusammengeschmolzen sind, befindet sich eine kleine Erweiterung, die dazu dient, den Stand der Flüssigkeit zu reguliren. Die längere Röhre a g f kann etwas weiter als die Röhre b f sein, damit sich die Flüssigkeit in ihr leichter bewegen könne. Die Höhe des Instruments von der Biegung an beträgt 3 bis 6 Zoll. Die Verfertigung des Differentialthermometers nach Leslie ist diese. Erst hat man beide Röhren getrennt von einander. Die längere Röhre ist noch nicht umgebogen; die Luft in der Kugel derselben wird durch die Wärme der Hand etwas ausgedehnt, und die offene Mündung der Röhre in eine mit Karmin gefärbte Flüssigkeit getaucht. So wie nun die Kugel wieder erkaltet, steigt eine Quantität dieser Flüssigkeit in die Röhre, welche man von der Mündung der Röhre entfernt. Hierauf werden beide Röhren mit ihren (wie oben gesagt, etwas erweiterten) Mündungen an einander geschmolzen, und darauf die erforderliche Umbiegung vorgenommen, so daß das Instrument die in der Fig. angegebene Gestalt, die der eines U gleicht, erhält. A ist das Fußgestell, auf welches das Instrument befestigt wird, und d e die oben erwähnte Scale.

Bei diesem Verfahren bieten sich mehrere Schwierigkeiten dar, indem es schwer hält, die beiden Kugeln genau von gleicher Größe herzustellen, so wie die vorher benetzten Röhren zusammenzuschmelzen, und beim Biegen, nachdem schon die Flüssigkeit in die Röhre gefüllt worden, diese leicht zu Grunde geht.

Leichter ist die Herstellung des Instruments, wenn man vor Einfüllung der Flüssigkeit eine mit zwei Kugeln versehene und gehörig umgebogene Röhre, wie Fig. 233. zeigt, anfertigt, die Erweiterung bei f aber in eine feine mit einer Mündung versehene Spitze auslaufen läßt. Die beiden Kugeln werden nun gleichmäßig erwärmt, und die erwähnte Spitze in die gefärbte Flüssigkeit getaucht, welche dann beim Erkalten der Kugeln in die Röhre dringt, und den horizontalen Theil derselben, so wie von den senkrechten Schenkeln einen solchen Raum erfüllt, als der Größe jeder der beiden Kugeln proportional ist. Die feine Spitze wird hierauf durch Hineinhalten in die Flamme einer Kerze zugeschmolzen.

Noch eine dritte Art, von de Butt erfundene, das Instrument herzustellen, welche leichter als die vorhergehenden ist, und wo der lufterfüllte Raum in beiden Kugeln ganz gleich ist, beschreibt Muncke. An die calibrirte Thermometerröhre a b (Fig. 234.) wird eine Kugel geblasen, eine andere Röhre e f g aber, welche genau so weit ist, daß jene sich willig hineinschieben läßt, wird unterhalb f gleichfalls zu einer etwas weiteren Kugel aufgeblasen, und hierbei zugleich das untere Ende so verengert, daß die erstere Röhre hier nicht einsinkt. Damit dann der Luftraum in beiden gleich werde, darf man nur von der anfänglich

Digitized by Google

jederzeit zu langen Röhre a b ein Stück abschneiden, welches vom Boden der Kugel bis an c reicht, dann die an a b befindliche Kugel nebst der Röhre bis so weit, als wohin bei mittlerem Stande des Instrumentes die Flüssigkeit reichen soll, mit Quecksilber füllen, dieses wieder ausgießen, die nämliche Quantität in die untere Kugel schütten, das abgeschnittene Ende der Röhre hineinsenken, oben mit dem Finger verschließen und die Kugel umkehren, wobei dann die Grenze des Quecksilbers genau die Grenze c d anzeigt, bis wie weit die untere Kugel mit Flüssigkeit bei Verfertigung des Instrumentes erfüllt werden muß. Nach dieser empirischen, aber sehr genauen Messung wird die untere Kugel bis in die bezeichnete Grenze mit Schwefelsäure gefüllt, welche durch etwas Karmin roth gefärbt ist, die Röhre a b hineingesenkt, dann das Instrument auf ein Fußgestell so befestigt, wie die Zeichnung angibt, und die Mündung der oberen Röhre einigemal mit Bleiweiß und gut trocknendem Oelfirniß vermittelst eines Malerpinsels bestrichen, bis der enge Raum zwischen beiden Röhren luftdicht verschlossen ist. Man erwärmt dann die obere Kugel vorsichtig mit der Hand und läßt sie wieder erkalten, worauf etwas von der gefärbten Flüssigkeit in der Röhre aufsteigt; zugleich aber wiederholt man dieses Verfahren so lange, bis bei gleicher Temperatur beider Kugeln die Flüssigkeit so hoch steht, als anfänglich bei der Messung bestimmt wurde. — Bei dem von Leslie gefertigten Instrumente enthielt die Röhre mit etwas Karmin gefärbte Schwefelsäure, welche den Vorzug hat, daß sie die Feuchtigkeit aus der Luft in den Kugeln aufnimmt und dadurch einen störenden Einfluß derselben verhindert. Um an dem Instrumente nicht bloß einen Anzeiger von Unterschieden in der Temperatur der beiden Kugeln zu haben (Thermoscop), sondern den Unterschied der Wärme in beiden Kugeln durch ein absolutes Maß ausdrücken zu können (ein Thermometer zu haben), werden nach Leslie beide Kugeln auf dieselbe Temperatur gebracht, dann hat die Flüssigkeit einen gleichen Stand in beiden Röhren, und zugleich ändert sich dieser Stand nicht, die Temperatur mag sein, welche sie will, weil, wie schon oben gesagt wurde, die Luft auf beiden Seiten gleich stark auf die Flüssigkeit drückt. Der Stand, den nun hierbei die Flüssigkeit einnimmt, wird an der Scale mit 0 bezeichnet; hierauf wird der Stand der einen Kugel allein um 10° C. erhöht oder vermindert, der Stand, den nun die Flüssigkeit in der Röhre einnimmt, ebenfalls an der Scale bemerkt, und endlich der Zwischenraum zwischen diesem und dem mit 0 bezeichneten Punkte in 100 Theile getheilt. Hiernach entsprechen 100 Abtheilungen dieser Scale einer Temperaturdifferenz von 10° C., oder 10 Abtheilungen einer Temperaturdifferenz von 1° C., so daß man also mit diesem Instrumente Zehntheile von Centesimalgraden beobachten kann, und die Eintheilung einer Eintheilung des Abstandes von dem Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte in 1000 Abtheilungen entspricht. Um den beiden Kugeln genau eine Temperaturdifferenz von 10° C. zu geben, ist es am besten, jede der Kugeln mit der zugehörigen Röhre mittelst eines durchbohrten Korkes in eine weite Glasröhre zu bringen und in diese Wasser zu bringen, so daß die Temperatur des die eine Kugel umgebenden Wassers genau um

gitized by Googl

10° C. die Temperatur des die andere Kugel umgebenden Wassers übertrifft.

Noch empfindlicher als das Leslie'sche Differentialthermometer ist das von Howard construirte. Dieser bog eine mit zwei Kugeln versehene Glasröhre, so daß sie die Gestalt eines C erhielt, und die eine Kugel über der andern stand. Die obere Kugel lief in eine feine Spitze aus, durch die er in das Instrument auf die oben angegebene Weise Weingeist brachte, der mit etwas Cochenille gefärbt war. Dieser Weingeist wird im Instrumente zum Sieden gebracht, um die Luft aus demselben zu vertreiben, und hierauf die feine Spitze, durch welche er eingebracht worden, an der Lampe zugeschmolzen. Da indeß, wie Howard meint, stets etwas Luft in dem Instrumente zurückbleibt, so soll man, ehe man eine Beobachtung anstellt, allen Weingeist in die eine Kugel laufen lassen, sodann bei vorsichtiger Vermeidung eines Temperaturunterschiedes das Instrument hinstellen, und den Nullpunkt von demjenigen Stande an rechnen, welchen die Weingeistsäule dann hat. Die Scale wird hierauf in der angegebenen Weise angefertigt. Bei diesem Instrumente wirkt also nicht die Ausdehnung der Luft, sondern die der Weingeistdämpfe, welche noch empfindlicher als die trockene Luft im Leslie'schen Instrumente für Temperaturunterschiede sind. Indessen behauptet Leslie, daß der Differentialbarometer, nach seiner Angabe mit gefärbter Schwefelsäure hergestellt, in den Angaben regelmäßiger und beständiger sei.

Ueber die mannigfaltige Benutzung des Differentialthermometers als Aethroskop, Photometer, Pyroskop und Hygrometer ist in den betreffenden Artikeln die Rede.

Digestion (v. d. lat. digestio) heißt die Ausziehung, wenn sie bei einer gelinden Wärme von etwa 30° R. (welches die Wärme des Bluts ist) vorgenommen wird. Man gewinnt auf diese Weise Tincturen, Essenzen, Elixiere u. s. w.

Digestor, Papinischer Topf, Papinische Maschine, ist ein mit einem luftdichtschließenden Deckel versehenes metallenes Kochgefäß, welches dazu dient, Flüssigkeiten über ihren Siedepunkt zu erhitzen. Es ist im Art. Dampf S. 472 angegeben worden, daß man jede Flüssigkeit nur bis zu einem bestimmten Temperaturgrade erhitzen könne, welcher ihr Siedepunkt heißt, von dem an sie dann keine weitere Wärme aufnehme, sondern sich in Dampf verwandele und als solcher mit großer Kraft sich ausdehne. Wenn man indessen in einem geschlossenen Gefäße eine Flüssigkeit der Hitze, dem Feuer aussetzt, so wird ihr durch dieses fortwährend neue Wärme zugeführt, während sie gehindert ist, sich in Dampf zu verwandeln. Zugleich mit der Hitze nimmt aber auch mit der Wärme der Druck zu, welchen die Flüssigkeit gegen die Wände des Gefäßes ausübt, und wenn man mit Zuführung von Wärme nicht nachläßt, und den Deckel des verschlossenen Gefäßes nicht öffnet, so wird jener Druck endlich so gewaltig werden, daß ihm die Wände des Gefäßes nicht mehr den erforderlichen Wider-

Digitized by Google

stand leisten können; das Gefäß wird also durch eine ähnliche Explosion zerschmettert werden, wie die (S. 544. angeführten) bei Dampfkesseln vorkommenden Explosionen sind.

Papin erfand deßwegen das von ihm benannte Sicherheitsventil, dessen man sich noch jetzt bei Dampfkesseln bedient, um dieselben vor dem Platzen zu schützen, und welches im Art. Dampfmaschine (S. 482 ff. und S. 524 ff.) ausführlicher beschrieben worden ist.

Man kann sich des Digestors nicht allein zu physikalischen Untersuchungen über die Natur des Dampfes (s. d. Art. Dampf), so wie über das Verhalten verschiedener Substanzen in Bezug auf Auflöslichkeit in stark erhitzten Flüssigkeiten und unter einem großen Drucke, sondern auch zu Auflösung fester Körper, zu Bereitung von Speisen, überhaupt zu chemischen und ökonomischen Zwecken bedienen, wobei namentlich eine große Ersparung von Brennmaterial und Zeit, so wie eine vollständigere Auflösung und Ausziehung (daher der Name Digestor) stattfindet.

Bei dem Digestor kommt es vorzüglich darauf an, daß der Deckel vollkommen luftdicht und fest auf den metallenen Topf passe; daß die Stärke des Metalles, aus welchem der Topf verfertigt ist, hinreichend sei, um denjenigen Druck auszuhalten, der dem Wärmegrade entspricht, bis zu welchem man die Flüssigkeit in dem Digestor erhitzen will; endlich, da man die zuzuführende Wärmemenge nicht unmittelbar in seiner Gewalt hat, daß der Topf mit einem Ventile versehen sei, welches sich alsbald erhebt und eine hinreichende Menge Flüssigkeit in Dampfform entweichen läßt, sobald der innere Druck denjenigen Grad erreicht hat, auf welchen der Apparat eingerichtet ist. In Bezug auf die Metallstärke des Topfes, so wie auf die Beschaffenheit des Sicherheitsventiles gelten diejenigen Bestimmungen, welche im Art. Dampfmaschine in Bezug auf die Metallstärke der Dampfkessel und über die Papin'schen Sicherheitsventile mitgetheilt sind.

Papin's Digestor war ein einfacher kupferner Topf, auf welchem ein Deckel fest aufgeschroben war, und die dampfdichte Schließung durch zwischenliegendes Leder bewerkstelligt wurde. Nachdem ihm mehrere Töpfe zerplatzt waren, brachte Papin 1682 das Sicherheitsventil an. Das Zwischenleder konnte sich schon darum nicht als zweckmäßig erweisen, weil dasselbe in der Hitze zusammenschrumpft; Edelkranz löthete daher bei seinem Digestor, einem Kessel von starkem Kupfer, den Deckel hart auf, und befestigte ihn überdieß mit Schrauben. Der Deckel hat aber eine große runde Oeffnung, welche sich nach innen zu kegelförmig erweitert. In diese Oeffnung ist eine runde Platte so eingeschliffen, daß sie, im Innern des Kessels befindlich, und der Oeffnung entsprechend, nach oben kegelförmig zulaufend, in diese erst angezogen, dann durch den innern Druck selbst völlig dampfdicht angedrückt wird, so daß also die ganze Einrichtung einem nach innen gehenden Kegelventile ähnlich ist. In dieser Platte befindet sich ein nach unten gehendes eisernes Gefäß, welches mit Quecksilber gefüllt ist, worein ein Thermometer gesenkt wird, um die Temperatur im Innern des Topfes zu messen, und ein Sicherheitsventil. Dieses besteht in einer, durch die

gitized by Google

beschriebene Platte gehenden cylindrischen Röhre, in der ein Kolben auf und nieder bewegt werden kann. Dieser dampfdicht schließende Kolben wird durch an die Kolbenstange befestigte Gewichte mit einer Kraft niedergedrückt, welche dem höchsten Drucke entspricht, welchen die Flüssigkeit im Kessel erreichen soll. Oberhalb des niedergedrückten Kolbens befinden sich in der cylindrischen Röhre Löcher. So wie nun die Flüssigkeit im Kessel eine höhere Temperatur erlangt, und somit einen stärkeren Druck ausübt, als man haben will, drückt sie den Kolben in der Röhre empor, und der Dampf entweicht durch die in derselben angebrachten Oeffnungen, und zwar entweicht um so mehr Dampf, je höher der Kolben gehoben wird. So wie aber der Druck im Innern des Kessels nachläßt, sinkt auch der Kolben herab und schließt die Löcher. Ueber den unteren, die innere Oberfläche der Platte überragenden Rand des Cylinders ist ein durchlöchertes, federndes Blech geschoben.

Gegen diesen höchst sinnreich ausgedachten Apparat wendet Muncke ein, daß es fraglich bleibe, ob bei aller Sorgfalt der Verfertigung die ungleiche Ausdehnung verschiedener Stücke Metall das genaue Schließen mit hinlänglicher Beweglichkeit vereinigen lasse. Da ferner die beschriebene Metallplatte schon vor der Auflöthung des Deckels auf den Kessel in die Oeffnung des Deckels eingeschliffen werden muß, die Hitze der Dämpfe aber nur die harte Löthung zuläßt, und diese nur in heftigem Feuer geschehen kann, so meint Muncke, werde die aufgeschliffene Fläche hierdurch auch rücksichtlich auf das Verziehen des Metalles ihre erforderliche Genauigkeit verlieren. Es ist ferner sehr unbequem, daß die Metallplatte, der eigentliche Deckel, nicht aus dem Kessel herausgenommen werden kann. Edelkranz schlug, um dieser Unbequemlichkeit abzuhelfen, vor, den Deckel nicht kreisrund, sondern oval zu machen, allein nur eine kreisrunde Fläche kann eingeschliffen werden. Muncke beschreibt die Einrichtung einiger nach seiner Angabe verfertigter Digestoren. Der Topf (Fig. 235.) besteht aus getriebenem eine Linie dicken Kupfer, dessen oberer Rand in einen massiven 2,5 Linien dicken messingenen Ring eingefalzt und hart gelöthet ist. Um denselben gehen zwei eiserne 0,25 Zoll dicke und 0,75 Zoll breite eiserne Bänder n,n, welche unten am Boden, da, wo sie sich durchkreuzen, zur Hälfte eingeschnitten, und so in einander gelegt sind. Die oberen Enden dieser Bänder reichen bis unter den massiven Ring, sind dort rechtwinklig umgebogen, und jeder ist mit einem nach unten hervorstehenden Zapfen versehen, um welchen die vier Klammern b,b,b,b sich drehen lassen, welche über den Deckel A geschoben, diesen vermittelst der Schrauben c,c,c,c fest andrücken. Außerdem gehen um den Topf die eisernen Reifen m,m,m .... 0,75 Zoll breit und 0,5 Zoll dick, welche für die eben genannten Bänder eingeschnitten sind, so daß sie das Kupfer an allen übrigen Stellen unmittelbar berühren, welches letztere nach dem Verfertigen des Ganzen von innen etwas herausgetrieben wird, damit die Reifen nicht herabfallen, und Alles genauer verbunden ist. Der messingene Deckel A ist gleichfalls 2,5 Linien dick, und weil das Aufschleifen von zwei so großen Flächen fast unmöglich ist, so ist der obere Ring stumpfkonisch nach unten ausgedreht, der Deckel aber hat einen nahe genau hier hinein pas-

senden ringförmigen Vorsprung, welcher mit feinem, langfasrigen, durch etwas Unschlitt geschmeidig gemachten Hanfe umwunden, und dann mit Gewalt aufgepreßt wird, wodurch der Hanf sich in eine undurchdringlich feste Masse verwandelt, durch etwaiges Eindringen des Dampfes ohnehin quillt, und so jedes Entweichen desselben bei gehöriger Vorsicht unmöglich macht. Dieses Mittel ist dann, wenn man ein dampfdichtes Schließen erhalten will, sicher das beste; verstattet aber die Hitze nicht weiter zu treiben, als bis zum Verkohlen des Hanfes, wodurch man indeß über 250° R. also bis zu einem Drucke von 37 Atmosphären kommen kann, über welche Grenze hinaus die Versuche überhaupt sehr schwierig und unsicher werden. Ein eisernes, mit Messing umgebenes, und in den Deckel beim Gusse hineingefügtes Gefäß p enthält etwas Quecksilber, um das Thermometer r r hineinzusetzen, und die Temperatur zu messen, welches Alles eben wie das Ventil q mit seinem Hebelarme l l und dem angehängten Gewichte v aus der Figur deutlich wird. Rücksichtlich des Ventils scheint Muncke'n ein kleines, etwa 0,3 Linien weites Loch, oben flach und mit einer kleinen genau aufgeschliffenen Stahlplatte bedeckt, unter allen die meiste Sicherheit zu geben, obgleich das vollkommene Schließen des Ventils die meisten Schwierigkeiten verursacht. Endlich ist inwendig ein auf dem Rande des konischen Ringes ruhendes Sieb von Kupferblech mit feinen Löchern angebracht, welches sich leicht herausnehmen läßt, und in welches diejenigen Substanzen gelegt werden können, welche man der Einwirkung der heißen Dämpfe aussetzen will, ohne sie unmitelbar in die Flüssigkeit zu werfen.

Der Digestor ist in der Oekonomie und in den Künsten und Handwerken bis jetzt noch nicht allgemein eingeführt worden, welches seinen Grund allein in der Gefahr haben kann, der man bei einem schlecht construirten derartigen Apparate allerdings ausgesetzt ist. Auch erfordert die Behandlung des Papinschen Topfes mehr Sorgfalt, als man von ungebildeten Personen, denen man doch die Bereitung der Speisen im Allgemeinen zu überlassen pflegt, erwarten darf. Eine unvorsichtige Belastung des Sicherheitsventiles hat eine Explosion zur Folge und eine Entlastung desselben, so wie jede Unterbrechung des dampfdichten Schlusses der einzelnen Theile macht den Digestor unbrauchbar. Indeß bedient man sich des Papinischen Topfes vorzüglich in den (nach Rumford) eingerichteten Suppenanstalten, z. B. in München, und mit dem ausgezeichnetsten Erfolge. Allerdings kann man, namentlich zur Gewinnung des Fettes und der Gelatina aus den Knochen, durch anhaltendes Kochen, und vorheriges Zerstücken und Zerstampfen der auszuziehenden Knochen, fast eben so weit kommen, als durch eine kürzere Zeit dauernde Behandlung im Digestor, indeß hat die so gewonnene Gelatina einen unangenehmen Beigeschmack, welcher von den erdigen Substanzen kommt, die derselben bei diesem Verfahren beigemischt bleiben. Hierzu kommt noch der große Aufwand von Brennmaterial, der bei längere Zeit anhaltendem Kochen unvermeidlich ist, weil der größte Theil der zugeführten Wärme mit dem Dampfe ungenützt entweicht, auch das Wasser, nachdem es verdampft ist, durch Wasser von niederer Temperatur ersetzt werden muß. Muncke hat, um die Leistungen des Digestors im Verhältniß zum gewöhnlichen Koch-

Digitized by Google

apparate genauer kennen zu lernen, vergleichende Versuche angestellt. Er kochte nämlich eine gewisse Menge reiner Rindsknochen in einem irdenen mit einem gewöhnlichen Deckel verschlossenen Topfe 3½ Stunden lang, und eine gleiche Menge Rindsknochen in einem Digestor 1½ Stunden lang, und zwar die letzte Hälfte der Zeit über einem gelinden Feuer, bei einer Temperatur von 100 bis höchstens 110° R. Hiernach hatte er mittelst des Digestors ungefähr zweimal soviel Bouillon von gleicher Stärke und nahe 2½ mal so viel Fett erhalten, als mittelst der gewöhnlichen Kochung. Die Knochen waren noch nicht völlig ausgezogen, indem sonst der Bouillon leicht einen unangenehmen Geschmack erhielt. Als hierauf die im gewöhnlichen Topfe ausgekochten Knochen noch in den Digestor gebracht wurden, so wurde noch eine der ersten gleiche Menge Bouillon, und eine beinahe doppelt so große Menge Fett gewonnen. Was das Brennmaterial betrifft, so zeigte sich der Vortheil des Digestors vor dem gewöhnlichen Topfe noch bedeutender, indem, bei vorsichtiger Regierung des Feuers unter dem gewöhnlichen Topfe, bei diesem doch fünfmal so viel Brennmaterial verbraucht wurde als beim Digestor. Munke fügt hinzu: wenn man berücksichtigt, daß in der angegebenen Zeit das anfänglich aufgegossene Wasser fast gänzlich verdampfte und durch neu hinzugegossenes ersetzt wurde, so folgt aus den Gesetzen des latenten Wärmestoffes (vergl. d. Art. Dampf), daß zu dieser Heitzung und Verdampfung 6,4 und zur Erhitzung des zugegossenen Wassers bis zur Siedehitze noch 1 an Brennmaterial erfordert wurde, wenn man von 0° Temperatur ausgeht, als zur Erhebung des Wassers im Digestor zur Siedehitze nöthig war. Rechnet man aber darauf, daß das Wasser im Digestor bis nahe 110° R. erhitzt wurde, so erfordert der gewöhnliche Topf mehr als 5 mal so viel Brennmaterial, und wenn man das im Digestor erhaltene Product zu 2 (doppelt so groß) annimmt, so steht der Aufwand, welchen derselbe an Brennmaterial gegen einen gewöhnlichen Topf in diesem Falle gewährt, im Verhältniß von 1 : 10. Der große Vorzug des Papinschen Topfes vor dem gewöhnlichen liegt demnach zu Tage.

Zur Bereitung der Speisen empfiehlt sich der Digestor besonders noch in sehr hoch gelegenen Gegenden (z. B. in dem Hospize auf dem St. Bernhard, für welches ihn Pleischl empfohlen hat), indem dort der Siedepunkt des Wassers, und verhältnißmäßig aller übrigen Flüssigkeiten wegen der geringeren Höhe und deshalb größeren Leichtigkeit der Atmosphäre bedeutend niedriger als in ebenen Gegenden liegt, man daher härtere Speisen durch Kochen in offenen Gefäßen, wo nur der Luftdruck die Entweichung der Flüssigkeit in Dampfform zurückhält, nicht hinlänglich erweichen, genießbar machen kann.

Zum gemeinen Gebrauche als Küchenapparat empfehlen sich die besonders in England gebräuchlichen Digestoren, welche aus einem gewöhnlichen eisernen Topfe bestehen, auf dessen etwas umgebogenem oberen Rande ein eiserner Deckel mit vorspringendem Rande eingeschliffen ist, und beim Umdrehen, nachdem er aufgelegt worden, an den Topf angeklemmt wird. In der Mitte hat dieser Deckel ein Sicherheitsventil, welches mit seinem oberen Ende durch die über dasselbe hingehende

Digitized by Google

Handhabe gesteckt ist, damit es sich in seiner Lage zwar heben aber nicht herausfallen kann. Diese Töpfe sind gefahrlos und zum gewöhnlichen Gebrauche hinreichend, man kann aber freilich in denselben das Wasser nicht so stark erhitzen, wie in den oben beschriebenen Digestoren.

Dioptrik (ein griech. Wort verwandt mit διοράω hindurchsehen) ist ein Theil der Optik, welcher von dem Durchgange des Lichtes durch die durchsichtigen Körper, welche in dieser Beziehung optische Mittel heißen, handelt. Es gehören in dieselbe also zunächst die Untersuchungen über die Brechung des Lichtes (s. d. Art.), so wie die von der Beugung des Lichtes (s. d. Art.). Da ferner die Brechung des Lichtes mit der Gestalt des durchsichtigen Körpers zusammenhängt, so gehört in die Dioptrik namentlich die Lehre von den Linsengläsern, der bei ihnen auftretenden optischen Erscheinungen, und der Anwendung derselben zu Vergrößerungsgläsern, Brillen, Fernröhren und Mikroskopen u. s. w., viele Naturerscheinungen, welche in der Brechung des Lichtes in der Atmosphäre ihren Grund haben, wie z. B. des Regenbogens, der Luftspiegelungen, der Höfe um Mond und Sonne u. a.

Die Erscheinung der Brechung des Lichtes war zwar schon von Ptolemäus, also wenige Jahre nach Chr. Geburt, beobachtet worden. Zur wahren Wissenschaft ist die Dioptrik aber erst durch Kepler geworden, von dem sie auch ihren Namen hat. Dieser große Gelehrte erklärte zuerst den Bau des Auges und die Wirkung der Fernröhre, so wie diese selbst durch ihn vervollkommnet wurden. Snellius und nach ihm Descartes stellten zuerst die richtigen Gesetze der Brechung auf, die durch Huygens zu Bestimmung der Erscheinungen bei Linsengläsern, sowie zu Vervollkommnung der Fernröhre angewendet wurden. Besondere Verdienste hatte Huygens durch Auffinden der Gesetze, nach welchen die doppelte Strahlenbrechung geschieht (s. d. Art. Brechung, doppelte). Newton entdeckte die ungleiche Brechbarkeit der farbigen Strahlen, und die höchst merkwürdige Erscheinung der Zerlegung des weißen Lichtes in farbige Strahlen, wodurch die Lehre von den Farben ihre wissenschaftliche Begründung erhielt. Hieraus ergab sich die Erklärung der optischen Abweichung (s. d. Art.), wovon die Folge war, daß Newton zwar zunächst an der Möglichkeit, Fernröhre ohne die aus jener Abweichung folgende Undeutlichkeit des Bildes herzustellen verzweifelte, Dollond aber wirklich Linsengläser ohne jene Abweichung herstellte (s. d. Art. Linsenglas, achromatisches), nachdem schon vorher Euler die Möglichkeit der Herstellung solcher Gläser behauptet hatte.

Um die mathematische Behandlung dieser Wissenschaft haben sich besondere Verdienste Kästner und noch mehr Euler erworben. In der neuesten Zeit hat man besonders die doppelte Brechung genauer untersucht, sowie man die Polarisirung des Lichtes (s. d. Art.) entdeckte. Die größten Verdienste erwarben sich in dieser Hinsicht Malus, Biot, Seebeck, Brewster, Herschel u. A.

In allen die Lehre vom Licht behandelnden Werken nimmt die Dioptrik einen bedeutenden Platz ein, besonders handelt über sie Littrow (Dioptrik oder Anleitung zu Verfertigung von Fernröhren. Wien 1830.)

Digitized by Google

Donner heißt dasjenige Getöse, welches den Blitz begleitet oder ihm nachfolgt. Wenn man sich in der Nähe eines Gegenstandes befindet, in welchen der Blitz einschlägt, so hört man in dem Augenblicke, in welchem der Blitz herabfährt, den Donner als einen heftigen Knall. Je weiter man sich aber von dem Orte befindet, über dem sich das Gewitter entladet, desto mehr Zeit vergeht zwischen der Erscheinung des Blitzes und dem Vernehmbarwerden des Donners, welcher dann auch nicht, wie ein Knall, sondern als ein längere Zeit anhaltendes Rollen gehört wird. Der Grund hiervon ist derselbe, wie der zu der bekannten Erfahrung, daß man in der Nähe bei Losschießung eines Gewehres Feuererscheinung und Knall zugleich wahrnimmt, während man aus der Ferne erst die Feuererscheinung und nur erst nach einigen Zeitmomenten den Knall bemerkt; nämlich der Umstand, daß sich der Ton langsamer durch die Luft fortpflanzt als das Licht. Daher pflegt man auch die Entfernung eines Gewitters von dem Orte, an dem man sich befindet, nach der Zeit zu berechnen, welche zwischen einem Blitze und dem zu ihm gehörigen Donner vergeht. Der Schall durchläuft nämlich in jeder Secunde nur 1000 Fuß und man kann deshalb aus der Anzahl von Secunden (oder, da der Puls ungefähr 60 Schläge in der Minute thut, aus der Anzahl von Pulsschlägen), welche zwischen Blitz und Donner vergehen, bestimmen, wie viel 1000 Fuß das Gewitter noch von dem Aufenthaltsorte des Beobachters entfernt sei. Auch bei dem Ueberspringen eines kleinen electrischen Funkens aus Electrisirmaschinen bemerken wir ein Geräusch, welches sich in Bezug auf seine Stärke zum Donner verhält, wie der elektrische Funke bei den Electrisirmaschinen zum Blitze. Im Allgemeinen scheint also die Entstehung des Schalles beim Blitze dieselbe zu sein, wie die des Geräusches beim elektrischen Funken. Die Luft nämlich wird durch denselben schnell mit Gewalt getrennt oder erschüttert. Schwieriger ist die Erklärung der Beobachtung, daß der Donner auf so verschiedenartige Weise gehört wird. Wie schon gesagt, hören Personen in der Nähe eines Ortes, wo der Blitz einschlägt, einen kurzen heftigen Knall, etwas ferner stehende Beobachter hören gewöhnlich ein prasselndes Geräusch. Hiervon unterscheidet sich sehr das Rollen des Donners, dieses dauert oft mehrere Secunden, ohne an Stärke zu verlieren. Es beginnt gewöhnlich schwach und nimmt nach und nach größere Stärke an, wird dann wieder schwächer und ist mit heftigeren Schlägen untermengt. Man erklärte früher die Erscheinung als ein Echo, theils von Gegenständen auf der Erde, theils, da man dieses Rollen auch auf dem Meere wahrnimmt, von den Wolken. Für diese Erklärungsart spricht, daß in gebirgigen Gegenden der Donner weit furchtbarer zu dröhnen pflegt, als in Ebenen. Daß aber auch die Wolken den Schall reflectiren können, dafür spricht die Beobachtung, welche die Mitglieder der Pariser Akademie gemacht haben, als sie Versuche über die Geschwindigkeit des Schalles anstellten. Wenn sich nämlich zwischen beiden Stationen Wolken befanden, so wurden die Schüsse mit einem Rollen wie von Donner gehört, welches nicht bemerkt wurde, wenn der Himmel heiter war.

Helwig will bemerkt haben, daß die Zickzackform des Blitzes auf

Digitized by Google

den Donner von Einfluß sei, indem nämlich jedes Abspringen des Blitzes von seiner geradlinigen Bahn einen Schlag zur Folge haben soll. Jeder dieser Schläge trifft dann zu verschiedenen Zeiten das Ohr. Auch das Prasseln des Donners beim Einschlagen des Blitzes läßt sich aus dem Abspringen des Blitzes, wenn er auf seiner Bahn schlechte Leiter trifft, erklären, so daß jede Platzung des Blitzes mit einem neuen Schlage verbunden sei. Menschen, die sich in größerer Nähe bei dem Orte, in dem der Blitz einschlägt, befinden, hören wegen der Schnelligkeit, mit der die Platzungen hinter einander erfolgen, die in großer Nähe fast eben so schnell auf einander folgenden Schläge als in einen heftigen Schlag vereinigt. Brandes meint, das Rollen komme von den zugleich aufwärts oder seitwärts in die Wolken fahrenden Blitzen her, während der in die Erde einschlagende Blitz mit einem kurzen Knall oder knitternden Laute verbunden sei. Läge nun der Ort jeder Explosion bei einem herabfahrenden Blitze dem Orte des Beobachters näher, so gelangte der durch die erste Explosion bewirkte Schall, welcher langsamer als der erregte Blitz fortgeht, gleichzeitig (oder doch fast gleichzeitig) mit dem durch die letzte Explosion bewirkten Schalle in das Ohr. Dieser sei daher kurz und ohne einen Nachhall. Wenn dagegen der Blitz zwischen Wolken aufwärts oder seitwärts geht, so gelangen die in größerer Entfernung entstehenden Donner später in unser Ohr, und ein Blitz, dessen ganze Wirkung vielleicht nur eine Secunde dauert, aber sich vielleicht in einer Strecke von 6000 Fuß in gerader Linie bewegt, müßte einen 7 Secunden dauernden Schall geben. — Um den Wechsel der Stärke, das secundenlange Pausiren, und das darauf sehr heftig erfolgende neue Beginnen des Donners zu erklären, macht Kämtz noch auf einen besonderen Umstand aufmerksam. Wenn nämlich die Luft durch den Schall in eine wellenförmige Bewegung versetzt wird, so dauert diese Wellenbewegung noch einige Zeit fort, nachdem die sie hervorbringende Ursache verschwunden ist. Kämtz sagt: ein jeder Punkt, welchen der Blitz auf seinem Wege trifft, wird Mittelpunkt eines Wellensystems, wir wollen indeß der Einfachheit wegen annehmen, solche Punkte seien nur die Ecken des Zickzackes, an denen der Schall erzeugt werde. Der Donner kommt zuerst von dem zunächst liegenden Puncte des Blitzes ins Ohr; dauert die Undulationsbewegung (wellenförmige Bewegung) noch fort, so kommen die Wellen von einem zweiten Puncte an; treffen ähnliche Theile beider Wellen zusammen, so wird der Schall bedeutend verstärkt: ist dieses nicht der Fall, so kann der Donner an Stärke abnehmen, ja wohl einen Moment pausiren und dann mit neuer Heftigkeit anfangen, wenn die Wellen von einem oder mehreren Schallsystemen ankommen, bei denen ähnliche Theile der Wellen zusammenfallen (s. Interferenz der Schallwellen). Kämtz glaubt, daß viele beim Donner vorkommende Umstände sich nur in dieser Art erklären lassen dürften. Wenn man z. B. bloß von der ungleichen Entfernung der schallenden Punkte ausginge, so müßte der Donner mit der größten Stärke anfangen, da wir ihn zuerst von dem zunächst liegenden Punkte hören und dieser Schall also wegen geringerer Entfernung am stärksten ist, oder es müßte wegen gegenseitiger Verstärkung der Donner schwach an-

Digitized by Google

fangen, dann allmälig an Stärke gewinnen, und nach Erlangung seiner größten Stärke wieder abnehmen. Das eigentliche Rollen wird nur unter günstigen Umständen stattfinden. Aus der Lehre von der Interferenz der Schallwellen läßt sich auch der Umstand erklären, daß bei etwas entfernten Gewittern das Rollen des Donners weit auffallender ist als bei denjenigen, welche in der Nähe des Beobachters einschlagen. — Jeder wahre Blitz, von dem das sogenannte Wetterleuchten zu unterscheiden ist, wird auch von einem Donner begleitet, aber zuweilen sind die Gewitter vom Beobachter so entfernt, und die sie begleitenden Donnerschläge so schwach, daß sie derselbe, obschon er den Blitz sieht, nicht bemerkt. Zuweilen sind solche Blitze ohne Donnerschläge auch nur reflectirte Blitze eines unter dem Horizonte befindlichen Gewitters.

Donnerhaus nennt man ein kleines Modell eines Hauses, in das man den electrischen Funken einschlagen läßt, um so die Wirkung eines in ein Haus einschlagenden Blitzes im Kleinen vorzustellen, je nachdem dasselbe mit einem Blitzableiter versehen ist oder nicht. Man kann demselben eine sehr verschiedene Vorrichtung geben, und es kommt nur darauf an, die den electrischen Funken an demselben herabführende Leitung beliebig unterbrechen oder herstellen zu können, so wie in dasselbe leicht entzündliche Körper zu bringen, welche bei unterbrochener Leitung durch eine Platzung die Wände des Hauses auseinander schleudern, und entzündet werden, bei ununterbrochener Leitung aber verschont bleiben. So kann man in die eine Seitenfläche eines wie ein Häuschen geformten massiven Stücke Holzes eine viereckige Vertiefung machen, in welche ein Bretchen paßt. Von dem Dache des Häuschens führt man einen Metalldraht bis zu der einen Ecke der viereckigen Vertiefung, bricht den Draht dort ab, und führt dann einen anderen Draht von der gegenüberstehenden Ecke der viereckigen Vertiefung nach der Grundfläche des Häuschens, wo man ihn in einen Haken umbiegt. Oben auf dem Dache läuft der Draht in eine senkrecht stehende Spitze aus, auf welche eine Kugel geschraubt ist. Neben dem Häuschen bringt man nun eine Säule von Glas an, welche einen Metalldraht trägt, der umgebogen ist, und an dem Ende seines wagerecht laufenden Armes eine Hülse hat, in der ein an seinen Enden mit Kugeln versehener senkrechter Draht hinauf und hinabgeschoben werden kann. Die Säule läßt sich mit dem von ihr getragenen Drahte um ihre Axe umdrehen. Das in die viereckige Vertiefung am Häuschen passende Bretchen (ein Rechteck) ist in einer seiner Diagonalen gleichfalls mit einem Drahte versehen, und kann entweder so in die Vertiefung gelegt werden, daß der auf ihm befindliche Draht die Metallleitungen am Häuschen mit einander verbindet, oder so, daß dieses nicht der Fall ist. Durch eine Kette, die in den Haken des Drahtes an der Leitung am Fuße des Häuschens eingehängt ist, setzt man die Leitung am Häuschen mit der äußeren Belegung einer Leydener Flasche in Verbindung, und mittelst einer andern Kette verbindet man den Draht auf der Glassäule mit der inneren Seite derselben Flasche. Der mit den metallenen Kugeln versehene Draht an der Glassäule muß so gestellt sein, daß wenn die untere Kugel senkrecht über der Kugel der Leitung des Häuschens steht, der elektrische Funke

Digitized by Google

zwischen beiden leicht überspringen kann. Hierauf dreht man die Säule so, daß ihre Kugeln, (welche die electrische Wolke vorstellen sollen) von der Leitung des Häuschens entfernt sind, ladet dann die Leydener Flasche mittelst einer Elektrisirmaschine, und dreht die Glassäule langsam um ihre Axe. So wie sich die untere Kugel derselben genugsam der Kugel an der Leitung des Hauses genähert hat, springt der Funke zwischen beiden Kugeln über (der Blitz schlägt ein), und wenn nun das viereckige Bretchen so in die Vertiefung eingelegt ist, daß durch dasselbe die Leitung am Häuschen unterbrochen ist, so zeigt der elektrische Funke seine mechanische Kraft, indem er es herauswirft; ist hingegen das Bretchen so eingelegt, daß durch den diagonal über dasselbe geführten Draht die Leitung des Häuschens vervollständigt wird, so wird der electrische Funke ohne das Bretchen zu erschüttern abgeleitet. Es ergibt sich hieraus der Nutzen der Blitzableiter; denn in dem letzten Falle war das Häuschen mit einem solchen versehen, im ersten Falle nicht. Befand sich im ersten Falle eine explodirende Substanz z. B. etwas weniges Knallsilber an der inneren Seite des Bretchens, so wird die Wirkung des elektrischen Funkens bei unvollkommener Leitung noch stärker sein, indem das Knallsilber explodirt und das Bretchen zerschmettert. Um den Erfolg noch sicherer zu haben, kann man den Leitungsdraht an der innern Seite des Bretchens anbringen, so wie auch der Draht an dem Stücke Holz, welches das Häuschen vorstellt, nach innen liegen kann, dann geschieht die Explosion beim Ueberspringen des Funkens an der Stelle, wo die Leitung unterbrochen ist, bestimmter von innen nach außen.

Wenn man die Kugel von der Leitung des Häuschens abschraubt, so daß diese in eine Spitze endet, so springt der Funke gar nicht über, sondern die Entladung geschieht ohne Explosion, indem die Spitze die Elektricität gleichsam aufsaugt; deßwegen meinte schon Franklin, daß ein Blitzableiter, welcher mit emporgerichteten Spitzen versehen sei, die Elektricität der Gewitterwolke gleichsam aufsauge und, ohne daß ein Wetterstrahl erfolgt, ableite (s. d. Blitzableiter S. 310.).

Noch genauer lassen sich die Erscheinungen, welche beim Einschlagen des Blitzes vorkommen, darstellen, wenn man ein wirkliches Häuschen von Pappe oder Holz macht, welches inwendig hohl ist, und in dessen Inneres durch den Schornstein ein oben mit einer Kugel versehener Draht führt. Man kann dann in das Innere des Häuschens leicht entzündliche Stoffe bringen, z. B. mit feinem Harzpulver bestreute Baumwolle, springt dann der Funke über (indem die Leitung durch die leicht brennbaren Gegenstände unterbrochen ist), so entzündet sich diese Baumwolle; wenn man dagegen die äußere Belegung der Leydener Flasche durch eine Kette, welche äußerlich am Hause heruntergeht, mit dem aus dem Schornsteine hervorragenden Drahte in Verbindung gesetzt, also das Häuschen mit einem Blitzableiter versehen hat, zündet der Blitz nicht. Man kann auch die Kugel, welche die elektrische Wolke vorstellen soll, so an den einen Arm eines Hebels anbringen, daß sie sich mit diesem frei um den Unterstützungspunct des Hebels dreht, dann sieht man, wie sie durch den Blitzableiter des Hauses an-

Digitized by Google

gezogen wird, welches die Erfahrung bestätigt, daß der Blitz durch hervorragende Gegenstände angelockt wird.

Drache, elektrischer. Allgemein bekannt ist das mit dem Namen Drachen bezeichnete Spielwerk der Kinder, welches wesentlich in zwei kreuzweis über einander befestigten Stäben besteht, über die Papier gespannt ist. — An dem Stabe a b ist, wie die Fig. 236. zeigt, die Schnur m d n schlaff befestigt, und an diese die Schnur d e. Man läßt nun den Drachen in einer schief gegen die Richtung des Windes geneigten Ebene aufsteigen, wobei man die Schnur d e in der Hand behält, und allmälig dieselbe weiter und weiter von der Spindel, auf welche sie gewunden ist, loswickelt, sowie sich der Drache höher in die Luft erhebt. Zugleich läuft man anfangs gegen den Wind, indem man die Schnur stark anzieht, um den Stoß des Windes gegen die Fläche des Drachens noch mehr zu verstärken. Die Art, wie hier der Wind zu Hebung des Drachens wirkt, läßt sich nach Muſſchenbroek leicht in folgender Art erklären. Es sei c der Schwerpunct des Drachens, und c g die Richtung des Windes, und zugleich die Strecke, welche derselbe in einer gewissen Zeiteinheit zurücklegt, so kann man sich diese Kraft, nach dem Satze von dem Parallelogramm der Kräfte, in die beiden Kräfte g h und c h zerlegt denken *); d. h. die Kraft, welche mit c g bezeichnet ist, wirkt auf den Schwerpunct des Drachen in c ganz in derselben Art, wie zwei gleichzeitig auf den Schwerpunkt wirkende Kräfte g h und c h. Nun wird aber die eine dieser beiden Kräfte c h durch Festhaltung der Schnur d e unwirksam gemacht, und es bleibt deshalb nur noch die Kraft g h auf den Drachen wirksam, d. h. diejenige Kraft, welche ihn empor treibt. Der Drache steigt hiernach nicht mit der ganzen Kraft des Windes auf, sondern nur mit einer Kraft, welche sich zu dieser verhält = g h : c g. Am stärksten ist die Wirkung des Windes dann, wenn die auf der Fläche des Drachens gezogenen Horizontallinien mit der Richtung des Windes einen Winkel von 54° 34′ machen.

Es ist schon im Art. Blitz S. 295 gesagt worden, daß sich zuerst Franklin des Drachens bedient hat, um an der Schnur desselben die Elektricität der Luft herabzuleiten, und dadurch zu beweisen, daß diese Elektricität, welche sich im Blitze äußert, ihrem Wesen nach nicht verschieden sei von der, welche wir mittelst unsrer Elektrisirmaschinen hervorrufen. Ohne von diesen Versuchen Franklins etwas zu wissen, und fast gleichzeitig mit denselben stellte de Romas Versuche mit dem electrischen Drachen an, welche er mehrere Jahre lang fortsetzte. Er hatte einen papiernen Drachen von 7½ Fuß Höhe, 3 Fuß Breite und 18 Quadratfuß Fläche. Das Papier war geöhlt, und die Schnur, die von ihm herab nach dem Erdboden reichte, war von Hanf und nach Art der Violinsaiten mit Kupferdraht umflochten. Diese hanfene Schnur war unten an eine seidene Schnur gebunden, und diese ging unter ein

*) S. d. Art. Bewegung S. 289. ff.

Wetterdach, welches sie vor dem Regen schützte. An dem Ende der hanfenen Schnur hing eine blechene Röhre, die als Conductor der Elektricität diente, um Funken auszuziehen. Den 7. Juni 1753 hörte de Romas im Osten donnern; er begann daher seine Versuche mit dem elektrischen Drachen. Dieser war an einer 780 Fuß langen Schnur 550 Fuß hoch gestiegen, als de Romas Funken aus dem Conductor erhielt, deren Schall man 200 Schritt weit hörte. Hierbei bediente er sich eines Entladers mit einer isolirenden Handhabe, von dem eine Kette nach dem Erdboden ging. Zugleich bemerkte de Romas, der sich in einer Entfernung von 3 Fuß von der Schnur befand, dasjenige Gefühl, welches man in der Nähe stark elektrischer Elektrisirmaschinen empfindet, als ob ihm nämlich das Gesicht mit Spinneweben überzogen würde. Der Conductor befand sich in einer Höhe von ungefähr 3 Fuß von dem Boden; 3 dort liegende Strohhalme erhoben sich gegen den Conductor und tanzten, ohne einander zu berühren, umher. Nach Verlauf von ungefähr einer Viertelstunde regnete es, und aus der Verstärkung der beschriebenen Empfindung und einem anhaltenden Prasseln schloß de Romas auf Zunahme der Elektricität. Da wurde endlich der längste Strohhalm, welcher 1 Fuß hoch war, von dem Conductor angezogen, und veranlaßte 3 Explosionen, wobei ein Feuerstrahl von 8 Zoll Länge und 5 Linien Dicke erschien, mit einem Geräusche, welches dem Platzen einer Rakete oder dem Getöse glich, welches gegen einen gepflasterten Boden geworfene irdene Krüge erzeugen. Der Strohhalm wurde an der Schnur des Drachen 40 — 50 Toisen weit abwechselnd angezogen und abgestoßen, indem bei jedem Anziehen eine neue Explosion erfolgte. Die Elektricität wurde nun auch durch den Geruch wahrgenommen, und man sah (am hellen Tage) die Schnur mit einem 3 — 4 Zoll im Durchmesser haltenden Lichtcylinder umgeben. Man fand unter dem Conductor ein Loch von 1 Zoll Tiefe und 1 Zoll Weite in der Erde, welches durch die Explosionen entstanden war. Später erhielt de Romas noch weit stärkere Funken aus der Schnur seines Drachens. Er erzählte, daß er bei einem Versuche in einer Stunde gegen 30 Feuerstrahlen erhalten habe, die eine Länge von 10 Fuß und eine Dicke von 1 Zoll und dabei einen Knall wie ein Pistolenschuß gegeben hätten. Später sind noch häufig Versuche mittelst des elektrischen Drachens angestellt worden, namentlich zu Untersuchung der Luftelektricität, indem schon de Romas beobachtet hatte, daß man auch dann Elektricität an dem Drachen wahrnehmen konnte, wenn keine Spur von einem Gewitter in der Atmosphäre zu bemerken war; besonders stellte Cavallo eine große Menge von Versuchen über Luftelektricität mit dem elektrischen Drachen an; derselbe empfiehlt dazu die gewöhnlichen kleinen Drachen von Papier, deren sich die Kinder als Spielwerk bedienen, etwa 4 Fuß lang und wenig über 2 Fuß breit. Das Papier soll man, damit es nicht vom Regen durchweicht werde, mit Leinölfirniß tränken. Er bediente sich einer Schnur, die aus zwei dünnen Bindfäden und einem dritten mit Lahn überzogenen Faden zusammengeflochten war (S. d. Art. Luftelektricität).

Der elektrische Drache zeigt zwar allerdings in vielen Fällen noch

Digitized by Google

Zeichen von Electricität, wo man an isolirten Stangen keine Spur derselben wahrnimmt, indeß kann er bei starker Electricität gefährlich werden, und sehr häufig steigt er nicht auf, so wie er sich in allen Fällen nicht gut handhaben läßt.

Bemerkenswerth ist noch, daß schon im Jahre 1749, also vor Franklin's und de Romas Versuchen Wilson sich des Drachens bediente, aber nicht, um die Electricität der Luft zu untersuchen, sondern in der Absicht, die Temperatur in der oberen Region der Atmosphäre zu bestimmen. Er ließ indeß nicht einen, sondern ein ganzes System von Drachen aufsteigen, indem er von mehreren Drachen von verschiedener Größe zuerst den kleinsten aufsteigen ließ, und nachdem dieser eine beliebige Höhe erreicht hatte, seine Schnur an einen zweiten, etwas größern Drachen band, der sich auf's Neue erhob u. s. f. Der oberste Drache erreichte eine sehr bedeutende Höhe, indem er im Sommer nicht selten zwischen den weißen lichten Wolken verschwand. Kämtz gibt den Rath sich eines derartigen Systemes von Drachen zu bedienen, um die Elasticität sehr hoher Luftschichten bei mäßigem Winde zu untersuchen.

•

Drehwage, Coulomb'sche Wage ist ein von Coulomb erfundenes Instrument, um sehr geringe Kräfte zu messen. Dieselbe besteht aus einer horizontal an einem dünnen Faden aufgehängten Nadel. Man läßt die zu untersuchende Kraft gegen das eine Ende der Nadel wirken, beobachtet den Winkel, um welchen hierdurch die Nadel aus ihrer Lage verrückt wird, und schließt aus der Größe desselben auf die Intensität der Kraft. Um den störenden Einfluß der Zugluft auf die aufgehängte Nadel zu vermeiden, und ein genaues Maß der durch die zu untersuchende Kraft hervorgebrachten Wirkung, also ein genaues Maß der Größe des Winkels, um welchen sich die Nadel dreht, zu haben, bringt man das ganze Instrument in ein mit besondern Vorrichtungen versehenes gläsernes Gehäuse. Es wird nämlich auf einen weiten, unten geschlossenen Glascylinder eine metallene oder gläserne Platte gelegt, welche in der Mitte durchbohrt ist; auf diese Oeffnung wird ein engerer und längerer Glascylinder senkrecht aufgestellt; der weitere Cylinder ist mit einer horizontalen Kreiseintheilung versehen; ebenso ist oben an den dünnen Cylinder eine Gradeintheilung angebracht, welche sich mit starker Reibung um den Cylinder drehen läßt, so daß die Grade derselben denen der unteren Kreiseintheilung entsprechend eingestellt werden können; in der Mitte des Deckelstückes befindet sich ein um seine Axe im Innern des Gehäuses drehbarer Knopf, welcher nach unten in eine Zwinge ausläuft, welche den dünnen Draht oder Faden festhält, an dessen unterem Ende bei der unter Kreisabtheilung die Nadel der Drehwage hängt. Der drehbarer Knopf ist außerdem äußerlich mit einem horizontalen Zeiger versehen, welcher die Gradeintheilung durchläuft und angibt, um wie viel der Knopf gedreht worden ist.

Coulomb kam auf Erfindung der Drehwage, indem er, um Beobachtungen über die Gegenwirkungen der Haar- und Seidenfäden, sowie metallner Drähte, die in ihrer Längeausdehnung gedreht wurden,

Digitized by Google

anzustellen, diese mit dem einen Ende festband, und an das andre Ende einen Hebel im Schwerpuncte befestigte. Der Faden, an welchem die Nadel der Drehwage hängt, kann von verschiedenen Substanzen genommen werden; doch sind die einen mehr, die anderen weniger vortheilhaft; je elastischer der Faden ist, desto genauer geht er, nachdem er durch eine Kraft gedreht worden ist, in seine vorige Lage zurück, desto mehr wird er aber auch der geringen Kraft, welche gegen das eine Ende der Nadel wirkt, und den Faden in seiner Länge zu drehen sucht, einigen Widerstand entgegensetzen. Ein Spinnefaden läßt sich mehrere tausendmal um seine Axe drehen, ohne ein Streben nach Zurückdrehung zu zeigen, daher solche Fäden einer sie drehenden Kraft gar kein oder vielmehr einen unendlich kleinen Widerstand entgegensetzen. Indeß lassen sich die Spinnefäden doch zur Drehwage brauchen, wenn man sie mit einer Magnetnadel verbindet, dann wird zwar nicht der Faden, wohl aber die Magnetnadel vermöge ihrer natürlichen Eigenschaften nach einer durch Einwirkung einer Kraft gemachten Drehung den früheren Stand des Instrumentes wieder herstellen. Zu Messung der Intensitäten einigermaßen bedeutender Kräfte bedient man sich besser elastischer Fäden, bei denen eine möglichst vollkommene Zurückdrehung stattfindet. Durch Verbindung mehrerer ungedrehter Seidenfäden erhält man eine gut reagirende (in die frühere Lage zurückgehende) Aufhängung und zwar wird dieselbe desto mehr Elasticität zeigen, je größer die Anzahl der vereinten Seidenfäden ist. Noch besser indeß sind die von Coulomb vorzugsweise zu seiner Wage gewählten feinen Metalldrähte, namentlich die messingnen, welche beinahe vollkommen elastisch sind, sobald sie nicht zu vielmal hinter einander umgedreht werden. Ritchie empfiehlt statt der Metallfäden feine Glasfäden, indem nach seinen Versuchen ein hinlänglich feiner Glasfaden, auch wenn er gegen hundertmal um seine Axe gedreht worden ist, dennoch beim Nachlassen der drehenden Kraft ganz wieder in seine ursprüngliche Lage zurückkehrt. Die Nadel oder der Wagebalken wird von verschiedenen Substanzen genommen, gemäß denjenigen Kräften, welche man an der Drehwage untersuchen will. Man nimmt z. B., wenn die Drehwage als Elektrometer dienen soll, eine dünne Glasröhre oder eine Nadel von Schellack.

Was die Länge der Nadel und des Aufhängefadens betrifft, so ist im Allgemeinen das Instrument desto empfindlicher, je länger beide sind. Auch auf die Dicke des Fadens kommt es an. Derselbe wird desto leichter drehbar sein, je dünner er ist. Coulomb hat in Bezug auf die Metalldrähte das Gesetz aufgefunden, daß der Widerstand, welchen dieselben einer Drehung um ihre Axe entgegensetzen, im umgekehrten Verhältniß ihrer Länge und im geraden der vierten Potenz des Halbmessers steht. Je schwächer die zu untersuchenden Kräfte sind, eines desto längern und dünnern Fadens muß man sich bedienen. Je länger die Nadel oder der Wagbalken ist, desto mehr fallen die Winkel, welche dieselbe bei der Drehung beschreibt, in's Auge; denn die Länge der Nadel vom Endpuncte bis zum Aufhängepuncte gibt die Größe des Halbmessers derjenigen Bogen, welche das Ende der Nadel beschreibt, je größer aber der Halbmesser ist, desto größer werden die einzelnen Grade.

Digitized by Google

Die Drehwage erleidet eine mannigfaltige Anwendung. Man kann sie benutzen, um die allgemeine Anziehungskraft, welche alle Naturkörper auf einander nach dem geraden Verhältnisse ihrer Masse und dem umgekehrten des Quadrats ihres Abstandes ausüben, zur Wahrnehmung zu bringen, ferner um die Intensitäten der elektrischen und magnetischen Kräfte zu berechnen, wovon unter den betreffenden Artikeln die Rede sein wird.

Druckpumpe, Druckwerk heißt nicht überhaupt jede zusammendrückende (comprimirende) Maschine *), sondern nach dem Sprachgebrauche nur eine Maschine, welche dazu dient, mittelst des Druckes Wasser oder eine andre tropfbare Flüssigkeit zu heben.

Das Gesetz, auf welchem die Construction der Druckpumpen beruht, ist das bekannte hydrostatische, daß sich eine Flüssigkeit in zwei mit einander in Verbindung stehenden Behältern stets in gleiches Niveau in beiden zu bringen strebt. Bei einigen Maschinen zu Hebung des Wassers wirkt nicht allein dieses, sondern auch das eben so bekannte Gesetz, daß sich in einer luftleeren Röhre das Wasser 32′ hoch erhebt, wenn die Röhre mit ihrem unteren offenen Ende in ein wasserhaltendes Gefäß gestellt wird (vergl. d. Art. Atmosphäre). Diese letzte Art der Maschinen heißen Saug- und Druckwerke, werden in Bergwerken auch hoher Satz genannt. — Fig. 237. stellt die wesentlichen Theile einer einfachen Druckpumpe dar. AB ist eine cylindrische Röhre, a ein Kolben, der sich in ihr mittelst der Kolbenstange d möglichst wasserdicht herauf und hinabbewegen läßt; a′ ist ein Klappenventil **), welches sich nach oben öffnet, cc eine seitwärts von der Röhre AB abführende Röhre, b′ ein sich in diese Röhre öffnendes Klappenventil. Das Niveau des durch die Oeffnung a′ mit der Röhre AB in Verbindung stehenden Wasserbehälters steht höher als etwa bis b, als bis wohin der Kolben in die Höhe gehoben reicht, daher steigt, sobald der Kolben in die Höhe gezogen ist, das Wasser aus dem Wasserbehälter in die Röhre AB bis b, indem es das Ventil a′ aufdrückt. Nach diesem aber geht der Kolben a nieder und drückt auf die unter ihm befindliche Wassermenge. Diese kann aber nicht durch die Oeffnung, durch welche sie eindrang, wieder entweichen, weil das Ventil a′, je größer der Druck von oben ist, desto fester zugedrückt wird, demnach drückt sie das Ventil b′ auf, und erhebt sich in der Steigröhre cc. So wie der Kolben unten angelangt ist, also nicht mehr Wasser gegen das Ventil b′ drückt, und dadurch dasselbe offen erhält, drückt die Wassermenge die sich nun in der Röhre cc befindet, auf das Ventil b′, und schließt es also durch sein eigenes Gewicht, so daß sie am Zurückfließen gehindert wird, auch nachdem der Kolben a wieder emporgezogen. Hierdurch tritt aber eine neue Wassermenge aus dem Behälter durch das Ventil a′ in die Röhre AB, und der Proceß erneuert sich fortwährend,

*) Vergl. d. Art. Compressionsmaschine.

**) Vergl. d. Art. Dampfmaschine S. 521.

Digitized by Google

wodurch das Wasser in cc höher und höher getrieben wird, bis es über die Mündung dieser Röhre sich ergießt. Aus der Construction dieser Pumpe geht hervor, daß dabei der Druck der Luft gar nicht zu Hülfe genommen wird, indem das Wasser schon durch seine eigene Schwere sich in gleiches Niveau setzt, und eine solche Pumpe würde auch im luftleeren Raume angewandt werden können. Gesetzt aber der Kolben a schlösse an seinem Ende an die Wände der cylindrischen Röhre völlig luftdicht, so würde man, wenn die Röhre a b die hinlängliche Länge hätte, nach dem zweiten der oben angeführten Gesetze den Kolben a noch 32 Fuß über b erheben können und das Wasser würde, wenn es nicht durch b' entweichen könnte, dem Kolben nicht allein bis zur Höhe b, sondern bis zu einer Höhe von 32 F. über b in der Röhre AB nachfolgen.

Hiernach läßt sich die in Fig. 238. abgebildete Saug- und Druckpumpe construiren. Die Röhre AB steht bei a' mit dem Wasserbehälter, aus dem das Wasser in die Höhe gefördert werden soll, in Verbindung. Der Kolben a bewegt sich luftdicht in der Röhre BO, die Seitenröhre cc dient, um das in sie hineingepreßte Wasser aufzunehmen und abzuführen, und dieselbe wird durch das Ventil b' geschlossen, welches sich nach innen der Röhre cc öffnet. Indem sich nun der Kolben von seinem tiefsten Stande bis zu seinem höchsten erhebt, entsteht unter ihm ein luftverdünnter Raum, und nach Verhältniß dieser Verdünnung steigt, indem das Ventil a' gehoben wird, Wasser in die Röhre A B, welches durch seine eigene Schwere das Ventil a' schließt, und beim Herabgehen des Kolbens nicht wieder in den Wasserbehälter, aus dem es gekommen, zurückfließen kann. Durch das wiederholte Herauf- und Herabgehen des Kolbens, bei dessen Herabgehen zugleich ein Theil der Luft durch b' entweicht, steigt das Wasser in A B, bis es endlich über die Stelle sich erhebt, wo die Röhre cc in die Röhre A B mündet. Geht nun der Kolben a wieder nieder, so wird Wasser durch das Ventil b' in die Röhre cc gedrückt, und nun ist der weitere Erfolg wie der bei der vorher beschriebenen Druckpumpe. Da das Wasser durch den Druck der Atmosphäre nur 32 F. hoch gehoben wird, so darf die Röhre A B sich auch nur um 32 F. über das Niveau des Wassers im Behälter erheben, wenn sie ihren Zweck erfüllen soll. Aber auch nicht so lang darf sie sein, denn da weder die Ventile, was ihre Beweglichkeit und die Festigkeit ihres Schlusses betrifft, noch der Kolben in Bezug auf völlig luftdichte Schließung an die Wände der Röhre jemals in durchaus vollkommenem Zustande hergestellt werden können, so wird auch das Wasser durch den Druck der Atmosphäre in der stets in gewissem Grade mangelhaften Vorrichtung nicht bis zu einer Höhe von 32 F. gehoben. Man kann im Allgemeinen annehmen, daß eine Höhe von 20 F. die passendste für eine derartige Pumpenröhre sei. Wenn das Rohr A B nicht, wie oben angenommen wurde, senkrecht, sondern schräg oder horizontal gerichtet ist, so kann es weiter fortgeführt werden.

Ein Druckwerk, bei dem doppelte Wirkung stattfindet, indem bei jeder Bewegung des Kolbens in der einen der beiden Richtungen Wasser

Digitized by Google

aus dem Behälter gehoben und fortgedrückt wird, stellt Fig. 239. dar. Hier bewegt sich der Kolben a horizontal in der horizontal liegenden Röhre A B, und seine Stange geht durch die luftdicht um sie schließende Stopfbüchse *) a b. Die Röhren V und W gehen in den Wasserbehälter, die Röhren Q und R sollen das Wasser abführen, c, d, c′, d′ sind Klappenventile, die sich sämmtlich nach oben öffnen. Wenn sich nun der Kolben a in der Richtung des Pfeiles x bewegt, so strömt das Wasser durch c in die Röhre AB und sammelt sich auf der einen Seite des Kolbens, indem zugleich das auf der andern Seite des Kolbens befindliche Wasser (welches durch die dieser vorangehende entgegengesetzte Bewegung des Kolbens durch c′ sich gehoben hatte) durch das Ventil d′ in die Röhre R gehoben wird; bewegt sich hierauf der Kolben a in der Richtung des Pfeiles z, so schließen sich die Ventile c und d′, dagegen öffnen sich die Ventile c′ und d, indem durch c′ Wasser in die Röhre A B dringt und das vorher durch c eingedrungene Wasser durch das Ventil d in die Röhre Q ausgetrieben wird. Die beiden Röhren Q und R können oben mit einander verbunden werden, so daß das Wasser nur aus Einer Mündung sich ergießt.

Fig. 240. stellt noch eine andere Construction vor, bei welcher der Kolben doppelt wirkt. Hier liegt der Kolben und die Röhre, in der er sich befindet, nicht wagerecht, sondern steht senkrecht. AC und AD sind Röhren, die bei A in den Wasserbehälter, aus dem das Wasser gehoben werden soll, münden, n und m sind die gleichfalls sich vereinigenden Röhren, durch welche das Wasser fortgedrückt wird; FG die Röhre mit dem Kolben a; c, d, c′, d′ sind Klappenventile, die sich sämmtlich nach oben öffnen. Der Kolben a bewegt sich in der Röhre F G und die Kolbenstange in der Stopfbüchse a b. Beim Hinaufgehen des Kolbens wird das während seines letzten Niederganges über ihn getretene Wasser durch das Ventil c′ in die Ableitungsröhre m gedrückt, zugleich saugt der Kolben durch das Ventil c aus dem Behälter Wasser ein, welches sogleich beim nächsten Niedergange des Kolbens (indem wie vorher die Ventile d und d′ so jetzt die Ventile c und c′ durch den Druck des auf ihnen ruhenden Wassers geschlossen bleiben) durch das Ventil d in die Röhre n gedrückt wird. Dabei öffnet sich auch das Ventil d′ und der Kolben saugt durch die Röhre C A Wasser ein, welches sich über ihm ansammelt.

Ein besonders wirksames Druckwerk, bei welchem keine Kolbenreibung stattfindet, ist folgendes: Das Druckwerk besteht aus 2 Pumpen; jede dieser Pumpen hat als wesentliche Theile eine weitere Röhre, welche ungefähr um die Hälfte ihrer Länge unter dem Niveau des Wassers steht, und an ihrem Fuße mit einem sich nach oben öffnenden Ventile geschlossen ist. In diese mündet noch unterhalb des Wasserspiegels eine dünnere Röhre, die Steigröhre, welche ebenfalls an ihrem unteren Ende (wie c c in Fig. 237.) mit einem nach oben sich öffnenden Klappenventile geschlossen ist. Statt des Kolbens befindet sich in jeder

*) Vergl. d. Art. Dampfmaschine S. 528.

der beiden Pumpenröhren ein Cylinder von gleicher Länge mit der Pumpenröhre, aber von etwas geringerem Durchmesser als die Oeffnung dieser Röhre, damit das Wasser, welches sich unter ihm vermöge des hydrostatischen Gesetzes beim Hinaufgehen gesammelt und durch das unterste Ventil am Zurückfließen gehindert ist, beim Hinabgehen des Cylinders zwischen ihm und der Wand der Pumpenröhre emporgedrückt werden kann. Zwischen beiden Pumpen befindet sich ein Träger, auf dessen oberstem Ende ein Balancier ruht, welcher um diesen seinen Stützpunct leicht beweglich ist. Er reicht mit jedem seiner Arme, die sich gegenseitig das Gleichgewicht halten, bis über eine der Pumpenröhren; diese seine Enden sind mit Bogentheilen versehen (wie der in Fig. 193. abgebildete Balancier) und von den oberen Enden dieser Bogentheile gehen Ketten herab, an welche die Cylinder, welche die Kolben in den Pumpenröhren vertreten, befestigt sind. Auf dem Balancier oder auf einem Brete, welches eine fast gleiche Länge mit ihm hat, und mit seinem äußersten Ende an die Enden des Balanciers befestigt ist, geht ein Mann auf und ab, der durch sein Gewicht allemal derjenigen Seite des Balanciers das Uebergewicht gibt, auf welcher er steht, so daß beim Hin- und hergehen des Mannes abwechselnd die eine Hälfte des Balanciers steigt und die andere sinkt, zugleich die Cylinder, welche durch ihre eigene Schwere niedersinken, sobald ihnen der Balancier nachgiebt, in beiden Pumpenröhren abwechselnd steigen und sinken, wodurch sich das Wasser in den Steigröhren erhebt und aus ihrer oberen Mündung ergießt. Das sich aus beiden Steigeröhren ergießende Wasser wird in einer Rinne aufgefangen, und an den Ort seiner Bestimmung geleitet. Robinson erzählt, daß ein alter und schwacher nur 110 Pf. wiegender, zu Ausübung eines größern Druckes mit 30 Pf. auf das bequemste belasteter Mann, 7 Cub. F. oder 580 Pf. Wasser, 11,5 F. hoch, in einer Minute, 10 Stunden des Tages, ohne große Ermüdung hob; ein junger Mann aber 135 Pf. schwer, gleichfalls mit 30 Pf. Gewicht bequem belastet, 9,25 Cub. F. oder 766 Pf. Wasser zu der nämlichen Höhe und eine gleiche Zeit arbeitend; welches der größte Effect ist, der nach irgend einer Angabe ein Arbeiter geleistet hat. Der Erfinder dieses Druckwerkes ist ein ganz ungebildeter Mann von niederem Stande, der aber vorzügliche Anlagen zur Mechanik hat.

Bei allen denjenigen Druckarbeiten, bei denen nicht wie bei den Fig. 239. und Fig. 240. abgebildeten eine doppelte Wirksamkeit des Kolbens stattfindet, geschieht das Ausströmen der Flüssigkeit aus dem Steigrohre in Zwischenräumen, indem jedesmal das Heraufgehen des Kolbens eine Unterbrechung verursacht. Man hat deßwegen bei denjenigen Druckwerken (so bei Feuerspritzen, Springbrunnen), bei denen ein ununterbrochener Wasserstrahl emporgedrückt werden soll, eine Vorrichtung, den Windkessel, angebracht, welche, sobald der unmittelbare Druck des Kolbens nachläßt, also während des Heraufsteigens desselben, Wasser in der Steigröhre emporddrückt. Ein solcher Windkessel ist in Fig. 241. abgebildet. cc ist die Steigröhre und A B der aus geschlagenem Kupfer verfertigte Windkessel, der bei m in dieselbe mündet.

Der Windkessel ist mit Luft erfüllt, so wie sich nun das Wasser in der Steigröhre erhebt, wird es anfänglich bis o p ungefähr im Windkessel sich erheben, dann steigt es durch den Druck bei Niedergang des Kolbens ungefähr bis w w, wobei die im Windkessel A B befindliche Luft, da sie wegen Sperrung des Ausganges m nicht entweichen kann, zusammengepreßt wird. Hierdurch erlangt dieselbe eine mit dem Grade ihrer Zusammenpressung im Verhältniß stehende Elasticität, vermöge welcher sie sich, nachdem der Druck des Kolbens aufgehört hat (der Kolben in die Höhe geht) in A B ausdehnt, dadurch das Wasser in c c emporddrückt, und so auch während des Aufsteigens des Kolbens Ueberströmung des Wassers über die Mündung von c c bewirkt. Die Kraft, mit welcher die Luft sich ausdehnt und das Wasser austreibt, nimmt ab mit der Größe des Raumes, den die Luft einnimmt, und hört gänzlich auf, sobald es mit dem Gegendrucke in's Gleichgewicht gekommen ist. Der Windkessel muß daher so groß sein, daß, noch ehe die Elasticität der Luft soweit abgenommen hat, daß sie unwirksam oder zu schwach wirkend wird, der Kolben aufs neue herabgeht, neues Wasser in die Steigröhre und den Windkessel preßt, und auf's Neue die Luft im letzteren zusammendrückt.

Eine andere Art von Windkessel ist die in Fig. 242. abgebildete, wo der Windkessel selbst einen Theil der Steigröhre ausmacht. A B ist der unterste Theil der Steigeröhre, bei b befindet sich das Druckventil, durch welches A B in den Windkessel B C einmüdet. In diesem aber ist die Röhre D E bei a eingelöthet oder luftdicht eingeschraubt. Der Verlauf der Thätigkeit der Maschine ist ähnlich wie bei der vorhergehenden Einrichtung. Die Luft im Windkessel wird wieder ungefähr bis w w zusammengepreßt und drückt dann, sich wieder ausdehnend, das Wasser durch die Röhre D E; die Röhre ist bei E trompetenartig erweitert, um leichter das in sie einströmende Wasser aufzunehmen.

Da die Windkessel einen sehr bedeutenden Druck aushalten müssen, so müssen sie von hinreichend starkem Metalle gearbeitet werden. Gewöhnlich werden sie aus geschlagenem Kupfer gearbeitet, dem man eine Stärke von $\frac{1}{2}$ bis 1 und mehreren Linien gibt. Auch pflegt man den Windkesseln eine gewölbte Form zu geben.

Die Kolben werden, da sie luftdicht oder wenigstens wasserdicht schließen müssen, mit einer Liederung versehen; zu dem Ende wird zwischen zwei metallne Scheiben, welche einen etwas geringeren Durchmesser als die Oeffnung des Stiefels haben, und durch welche die Kolbenstange mitten hindurch geht, so daß die untere Scheibe durch einen vorgesteckten Stift oder eine Schraube vor dem Herabgleiten gesichert ist, eine Anzahl Scheiben von Sohlleder (daher Liederung) gelegt, welche vorher in Fett gesotten und in der Mitte durchbohrt sind, damit sie über die Kolbenstange geschoben werden können. Durch entsprechende Löcher in den metallenen Scheiben werden metallne Nägel gesteckt, welche an dem einen Ende mit einem Knopfe, an dem anderen mit einem Schraubengewinde versehen sind. Diese Nägel durchbohren das Leder; auf die Schrauben werden Muttern gesetzt, und diese stark angedreht, wodurch die Lederscheiben fest an einander getrieben werden.

Digitized by Google

Hierauf wird der Kolben auf der Drehbank genau abgedreht, so daß derselbe mit der Liederung genau in den Stiefel paßt. Auch bedient man sich in England einer Art von Kolben, welche aus einem auf das untere Ende der Kolbenstange gesteckten Stücke Korkholz bestehen, über welches von oben herab eine lederne Kappe geschoben wird. Bei den Saug- und Druckpumpen ist diese Kappe doppelt, wie Fig. 243. zeigt. a b ist der ein wenig hervorstehende Rand der aufwärts gehenden, a' b' der Rand der abwärts gehenden Kappe, c d ist ein zwischen beiden liegender metallner Ring, die Füllungen m und n können von Leder, Werg oder Korkholz gemacht werden. Die hervorstehenden Ränder a b und a' b' sind darum besonders vortheilhaft, weil sie, auch wenn der Kolben an sich nicht luft und wasserdicht schließt, beim Herauf- oder Hinabgehen des Kolbens durch den ihnen entgegenwirkenden Druck selbst gegen die Wand des Stiefels angedrückt werden, und so die Luft oder das Wasser sich selbst den Durchweg zwischen Kolben und Cylinder versperren. Man kann den Kolben auch einfach aus Metall verfertigen, wie bei den großen Druckwerken gewöhnlich ist, die in England durch Dampfmaschinen getrieben werden. Man gibt dem zum Kolben bestimmten Metallcylinder einen solchen Durchmesser, daß er sich grade in dem Stiefel erhält, ohne durch sein eigenes Gewicht herab zu sinken. Diese Art von Kolben schließt zwar minder dicht als die vorhin erwähnten, dagegen bedürfen diese Cylinder bei weitem seltener einer Reparatur, und nutzen sich erst nach sehr langer Zeit ab, welches namentlich bei Dampfmaschinen den Vortheil überwiegt, den man durch eine dichtere Kolbenschließung gewinnt. Die Ventile sowie die Röhren dürfen keine zu große Verengerungen dem hindurchströmenden Wasser entgegensetzen, indem durch jede solche Verengerung ein bedeutender Kraftverlust bewirkt wird. Die Röhren müssen genau und glatt gebohrt sein, damit dem Wasser bei seiner Bewegung keine Hintermisse entgegen treten, namentlich muß der Stiefel von durchgängig gleichem Kaliber sein, weil ohne dieses der Kolben nie genau schließen kann.

Man bedient sich der Druckwerke am häufigsten, wenn eine Flüssigkeit zu einer bedeutenden Höhe befördert werden soll (s. d. Art. Feuerspritze, Springbrunnen). Eine der großartigsten Maschinen, welche aus Druckwerken zusammengesetzt ist, ist die, welche Ludwig XIV. zu Marly bauen ließ, um die Springbrunnen in den Gärten zu Versailles, Marly und Trianon mit Wasser aus der Seine zu versehen. Gehler theilt folgende Notizen über dieselbe mit: An ihr haben 1800 Menschen sieben Jahre lang gearbeitet, 1700000 Pf. Kupfer, eben so viel Blei, zwanzigmal so viel Eisen und hundertmal so viel Holz darin verbauet, und die Kosten überstiegen 8 Millionen Livres. Der Baumeister der Maschine war Rannequin aus Lüttich, welcher dem Minister Colbert von einem Edelmann daselbst, Namens de Ville vorgeschlagen war, und in gewisser Hinsicht unter dessen Aufsicht arbeitete, weßwegen de Ville von einigen als Erfinder des Mechanismus genannt wird. Zu ihr gehören 14 unterschlächtige Räder, welche das Wasser in einen 500 F. über dem Wasserspiegel des Flusses und 3684 F. entfernt liegenden Behälter heben. Die ganze Strecke dahin ist in drei

Digitized by Google

Absätze getheilt, in welche das Wasser ausgegossen und aus dem ersten und zweiten durch neue Druckwerke vermittelst Feldgestänge abermals gehoben und dem letzten Behälter zugeführt wird. Vier Räder treiben die ersten 64 Druckwerke, welche das Wasser in die Behälter des ersten Absatzes fördern. Die übrigen 10 Räder treiben 20 Feldgestänge, von denen 7 bis in den kleinsten untern Behälter gehen, und daselbst durch 49 Druckwerke das Wasser in den kleinsten oberen Behälter des zweiten Absatzes treiben; die übrigen 13 Feldgestänge gehen durch den größeren unteren Behälter bis an den größeren oberen fort, setzen unten 40 Druckwerke in Bewegung, die das Wasser in den größeren oberen Behälter bringen, und oben noch 82, die dasselbe endlich auf den eigentlichen Wasserthurm heben. So weitläufig übrigens diese Maschine ist, so haben doch die Berechnungen von Daniel Bernoulli und Karsten dargethan, daß ihre Einrichtung keineswegs die vollkommenste ist, die sie sein könnte. Der größte Theil dieser Maschinen ist mit der Zeit unbrauchbar geworden.

Nach Muncke ist die größte senkrechte Druckhöhe durch diejenigen Druckpumpen erreicht, welche Reichenbach angelegt hat, um die Soole von Berchtesgaden nach Reichenhall zu leiten. Die Soolenhebungsmaschinen fördern die gesättigte Soole zu einer gemeinschaftlichen senkrechten Höhe von 1579 altbaierschen Fußen, also der baiersche Fuß zu 129,38 Par. Linien gerechnet, 1418 Par. F.; die ganze Röhrenlänge beträgt 101796 baiersche Fuß (91461 Par. F.) und die eine Hauptsäulenmaschine hebt die Soole zu der unglaublichen senkrechten Höhe von 1218 baierschen Fußen (1094 Par. F.), welches auf Wasser reducirt (indem die Soole schwerer als Wasser ist) 1500 baiersche Fuß (1348 Par. F.) betragen würde. Die Stiefel haben 13 $\frac{3}{4}$ und 11 $\frac{1}{4}$ Zoll inneren Durchmesser.

Dünn heißt ein Körper, welcher eine der drei Dimensionen des Raumes in geringer Größe besitzt. Indem man nämlich drei Raumdimensionen (d. h. Ausdehnungen oder Ausmessungen des Raumes), Länge, Breite oder Tiefe und Dicke oder Höhe unterscheidet, so aber, daß sie nicht an sich, sondern nur im Verhältniß zu einander verschieden sind, heißt derjenige Körper dünn, welcher von nur geringer Dicke oder Höhe ist. So ist z. B. ein Blatt Papier ein dünner Körper. Man nennt aber auch diejenigen Körper dünne, welche zwei Dimensionen des Raumes von nur geringer Größe besitzen, und zwar um so dünner, je geringer die Größe dieser Dimensionen ist. In dieser Beziehung spricht man z. B. von dünnem Drahte.

In anderer Beziehung heißt dünn ein Körper, welcher im Verhältniß zu andern Körpern eine nur geringe Dichte besitzt, dann ist dünn gleichbedeutend mit locker (vergl. den Art. Dichte S. 580); locker wird aber vorzugsweise von festen Körpern gebraucht. Ein Körper heißt schlechthin dünn, wenn er geringere Dichte hat, als die meisten Körper von demselben Aggregationszustande. So heißt z. B. der Schwamm dünn, in Bezug auf andere feste Körper; das Wasserstoffgas dünn in Bezug auf andre expansible Flüssigkeiten.

Die Dünnheit ist eine relative Eigenschaft der Körper, d. h. eine Eigenschaft, die Körper nur besitzen, sofern sie mit andern Körpern ver-

Digitized by Google

glichen werden. Ein Körper ist dünner als ein anderer, heißt, er besitzt bei demselben Volumen weniger Masse als der andre Körper.

Dunkle Körper sind solche Körper, welche kein eigenthümliches Licht besitzen, sondern damit sie durch die Augen wahrgenommen werden können, dasselbe erst von anderen leuchtenden Körpern erhalten müssen. Diese, die leuchtenden Körper, besitzen also die entgegengesetzte Eigenschaft, daß sie nämlich selbst Licht besitzen und dasselbe ausstrahlen. Die meisten der irdischen Körper, ja die Erde selbst sind hiernach dunkle Körper, und überhaupt nur wenige Körper sind leuchtende z. B. die Sonne, eine glühende Kohle u. a. Die dunklen Körper können indeß auch leuchten, indem sie das von leuchtenden Körpern auf sie fallende Licht zurückwerfen. Man nennt sie dann aber nicht leuchtende sondern erleuchtete Körper. Man unterscheidet hiernach wieder dunkle und erleuchtete Körper, so wie dunkle und erleuchtete Punkte ein und desselben Körpers, indem diejenigen dunkel heißen, von welchen in das Auge des Beobachters keine auf dieselben fallenden Lichtstrahlen zurückgeworfen werden, erleuchtet die, welche das auf sie fallende Licht dem Auge des Beobachters zuführen. Ob ein an sich dunkler Körper erleuchtet erscheint oder nicht, hängt nicht allein davon ab, ob überhaupt Licht von einem leuchtenden Körper auf ihn fällt, sondern auch von der Stellung des Beobachters und der Beschaffenheit der Oberfläche des dunkeln Körpers.

Unter besondern Umständen können an sich dunkle Körper zu wirklich leuchtenden werden; einige, wenn man sie stark glüht, z. B. das Eisen, andre durch anfangende Fäulniß z. B. Holz, noch andere dadurch, daß sie längere Zeit dem Lichte ausgesetzt gewesen sind, wie der Diamant, der Flußspath.

Dunst ist Dampf, der mit Theilchen derjenigen tropfbaren Flüssigkeit vermengt ist, aus welcher der Dampf sich entwickelt hat. Die Worte Dunst und Dampf werden jedoch von verschiedenen Physikern verschieden gebraucht, indem einige die hier (vergl. d. Art. Dampf) festgesetzten Bedeutungen beider Worte annehmen, andere dagegen die Bedeutung umkehren, so daß ihnen Dunst die unvermischte expansible Flüssigkeit, Dampf die mit tropfbarer Flüssigkeit vermischte Flüssigkeit bedeutet, noch andre endlich Dampf und Dunst fast gleichbedeutend nehmen. Daß indeß ein Unterschied zu machen sei, zeigt schon der Umstand, daß die reine, aus einer tropfbaren Flüssigkeit hergestellte Flüssigkeit, also der Dampf, vollkommen durchsichtig ist, dagegen der Dunst, die mit tropfbarer Flüssigkeit vermischte expansible Flüssigkeit, minder durchsichtig erscheint. Wenn man in einem offenen Gefäße Wasser siedet, so bemerkt man über dem Gefäße, und zwar je kälter die umgebende Temperatur ist, desto stärker sichtbar sich ausbreitende Wolken, welches Wasserdunst ist. Wenn man dagegen in einem Wasserhammer (s. d. Art.) das Wasser zum Sieden bringt, wo also der Dampf nicht in unmittelbare Berührung mit der umgebenden kälteren Luft kommt, erscheint der Raum über dem siedenden Wasser vollkommen durchsichtig.

Dasselbe ist der Fall, wenn man Wasser unter der Glocke einer Luftpumpe, die man von Luft befreit hat, sieden läßt. Der Grund zur Dunstbildung ist daher die theilweise Condensirung (Wiederverwandlung in tropfbare Flüssigkeit), welche der Dampf durch die Kälte erleidet. Indem nämlich der Dampf sich in die kältere Luft erhebt, vermischt er sich mit derselben, es bilden sich daher kleine Bläschen, welche in einer feinen Schaale aus tropfbarer Flüssigkeit Dampf enthalten, und da dieser leichter als Luft ist, in der Luft emporsteigen, ähnlich wie Luftballons, die ja auch an sich schwerere Körper als die Luft sind, in ihrem Innern aber eine Flüssigkeit enthalten, welche leichter als die Luft ist, und darum steigen. Nehmen wir an, daß wie S. 432. gesagt worden, die Gesammtwärme d. h. die Summe der latenten und sensiblen Wärme, welche den dampfförmigen Zustand des Wassers bedingt, 640° R. sei, so ist erklärlich, warum der Dunst bei weiterem Aufsteigen in die Atmosphäre wieder zu Dampf werden könne. Es wird nämlich dann so viele Wärme latent, daß die Summe der sensiblen und latenten Wärme 640° beträgt, ohne daß die sensible Wärme des Dampfes die Temperatur der Atmosphäre übersteigt. Hiernach bildet sich Dunst aus Dampf dadurch, daß dem Dampfe theilweise durch die Luft die sensible Wärme entzogen wird, und der Dunst verwandelt sich wieder in Dampf dadurch, daß die sensible Wärme der Atmosphäre zum Theil wieder von dem im Dampf gebildeten Wasser aufgenommen und latent wird. Durch diesen ganzen Proceß wird die sensible Temperatur des Dampfes bei der Verbreitung desselben in die Luft eine niedere, als die war, mit welcher er sich aus der Flüssigkeit entwickelte. Je geringer aber seine sensible Wärme wird, desto größer wird seine latente. Der Dampf erfüllt daher als solcher die Atmosphäre, ohne daß die Durchsichtigkeit derselben vermindert wird, vielmehr wird nach Saussure die Atmosphäre durch denselben noch durchsichtiger, und die trockene Luft ist nach Newton schwerer als die mit Dampf erfüllte. Verwandelt sich der in der Atmosphäre enthaltene Wasserdampf aber in Dunst, so wird er sichtbar als Wolken und Nebel.

Von dem Vorhandensein bläschenartiger Kugeln im Dunste kann man sich nach Saussure überzeugen, wenn man eine dunkle Flüssigkeit (um das Sehen zu erleichtern) z. B. tintenhaltiges Wasser oder Kaffee nach beträchtlicher Erhitzung an einen Ort stellt, wo die Luft ruhig ist, und starkes Licht auf die Oberfläche fällt, dann kann man in dem sich erhebenden Dunste mit bloßen Augen größere und kleinere, einzeln schwebende, ein buntes Farbenspiel zeigende, zum Theil auch bloß weißliche Kügelchen unterscheiden; mit einer Loupe von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite bemerkt man aber einen Unterschied der Größe, die kleineren steigen schneller in die Höhe, die größeren fallen zum Theil wieder auf die Flüssigkeit zurück, auf deren Oberfläche sie so leicht schweben, daß man sie mit einem Hauche zur Seite blasen kann, wobei ein großer Theil derselben aufzusteigen pflegt. Wenn man durch die feinen Bläschen Lichtstrahlen fallen läßt, so zeigen sich dieselben von einem schwachen Regenbogen mit prismatischen Farben umgeben. Daß auch der Nebel derartige Bläschen enthalte, bemerkt man mit bloßen Augen,

Digitized by Google

wenn man des Abends oder des Nachts bei einem starken Nebel, in einem Zimmer befindlich, ein brennendes Kerzenlicht aus dem Fenster hält, wodurch die Dunsttheilchen stark beleuchtet werden. Wenn man unter diesen Bedingungen durch die Loupe gegen eine glatte, schwarze Fläche sieht, so nimmt man die in den Brennraum der Loupe kommenden Dunstbläschen sehr genau wahr, dieselben bewegen sich schneller oder langsamer, rollen über die Fläche hin, springen zuweilen von derselben ab, oder setzen sich als Halbkügelchen auf derselben fest. Von denselben kann man durch die wenigere Durchsichtigkeit leicht die kleinen Wassertröpfchen, welche sich zugleich mit ansetzen, unterscheiden. Indeß sind die Bläschen der Nebel und Wolken kleiner und weniger dicht gehäuft als die der Dünste, welche über siedendem Wasser schweben.

Beim Sieden werden übrigens durch den schnell aufsteigenden Dampf auch Wassertheilchen mechanisch mit emporgerissen, die dann, weil sie specifisch schwerer als die Luft sind, wieder herabfallen; eben so fallen auch diejenigen Dunstbläschen herab, bei denen die sie umgebende Wasserhülle in Verhältniß zu der in den Bläschen enthaltenen Dampfmenge zu stark geworden ist, so daß die Bläschen nicht mehr zu steigen vermögen.

Duplicator der Elektricität, Verdoppler der Elektricität (v. d. lat. duplicare, verdoppeln) ist ein ursprünglich von **Bennet** erfundenes Instrument, welches dazu dienen soll, kleine Quantitäten von Elektricität, welche an sich so gering sind, daß sie nicht wahrgenommen werden können, durch Vervielfältigung bemerklich zu machen, so daß man sie nicht allein am Elektrometer beobachten, sondern sogar einen elektrischen Funken erhalten kann. Von dem Condensator unterscheidet sich der Duplicator dadurch, daß bei jenem Elektricität, welche sich zwar von zu geringer Spannung, um ohne Weiteres auf das Elektrometer zu wirken, aber doch in bedeutender Menge vorfindet, gleichsam gesammelt wird, mittelst des letzteren aber eine geringe Menge Elektricität benutzt wird, um mittelst derselben eine größere Quantität Elektricität zu erzeugen, so daß zwar nicht jene selbst, wohl aber ein gewisses Vielfaches derselben beobachtet werden kann.

Das **Bennet**'sche Instrument besteht aus drei metallnen Scheiben, von denen die erste horizontal auf einem isolirenden Gestelle (z. B. auf einer Glassäule) ruht, oder auch als Deckel auf das Blattgoldelektrometer aufgeschraubt, und nur auf der oberen Fläche mit einer dünnen Schicht Lackfirniß überzogen ist. Die zweite Scheibe ist mit einem gläsernen Handgriffe versehen, so daß sie an demselben gefaßt, isolirt bleibt. Dieser Handgriff ist am Rande der Scheibe befestigt; die Scheibe ist auf beiden Seiten, aber nicht am Rande überfirnißt. Die dritte Scheibe endlich hat einen senkrecht auf ihr stehenden isolirenden Handgriff, und ist nur auf der diesem entgegenstehenden Seite mit Lackfirniß überzogen. —

Um mittelst dieser drei Scheiben, welche das ganze Instrument ausmachen, eine geringe Quantität Elektricität zu vervielfachen, legt man die zweite der beschriebenen Scheibe auf die überfirnißte Seite der ersten,

heilt dieser die kleine Quantität Elektricität, welche vervielfacht werden oll, mit, berührt zugleich den Rand der zweiten Scheibe mit dem Fin-ger, nimmt dann den Finger hinweg, hebt die zweite Scheibe von der rsten, und setzt die dritte Scheibe auf die zweite, berührt mit dem inger die Oberfläche der dritten Scheibe, nimmt den Finger hinweg, nd hebt die dritte Scheibe isolirt von der zweiten ab. Nun wird wie-er die zweite Scheibe auf die erste gelegt, sodann aber die dritte Scheibe mit ihrem Rande an den Rand der ersten Scheibe gehalten, ugleich der Finger auf die zweite Scheibe gelegt, diese abgehoben, die ritte Scheibe darauf gesetzt u. s. w. Dieses Verfahren wird desto fterer wiederholt, je mehr man die kleine Quantität Elektricität ver-ielfachen will, welche anfänglich der ersten Scheibe mitgetheilt wurde. Der Vorgang in den Scheiben des Duplicators ist hierbei folgender: Nachdem der ersten Scheibe eine kleine Quantität Elektricität mitgetheilt worden, von der wir annehmen wollen, daß sie = + e also positiv gewesen sei, wird in der zweiten Scheibe eine + e entsprechende geringe Quantität — e (negative Elektricität) erzeugt, und bei dem weiteren Verfahren wiederum mittelst dieser — e eine entsprechende Quantität + e (positive Elektricität) in der dritten Scheibe hervorgerufen. In-dem nun bei Wiederholung des Verfahrens die zweite Scheibe auf die rste gelegt und an diese die dritte Scheibe gebracht wird, wirkt uf die zweite Scheibe nicht allein die + e der ersten, sondern auch die + e der dritten, es wird also nun in der zweiten Scheibe eine größere Quantität negativer Elektricität und durch diese wieder eine größere Quantität positiver Elektricität in der dritten Scheibe hervorgerufen, nd so oft man noch das angegebene Verfahren wiederholt, findet eine Vervielfältigung der ursprünglich der ersten Scheibe ertheilten Elektrici-tätsmenge statt.

Statt der Metallscheiben kann man sich auch mit Stanniol über-ogener Pappscheiben bedienen, und um die Scheiben von einander zu soliren, kann man zwischen dieselben sehr kleine Stückchen Glas legen. Bohnenberger machte indeß die Bemerkung, daß durch die Reibung er mit Stanniol überzogenen Scheiben, etwas Elektricität erregt würde, o daß man bei dem Versuche mit diesem Instrumente sich nicht verge-wissern kann, ob die endlich wahrgenommene Elektricität nur eine Vervielfältigung der anfangs der ersten Scheibe mitgetheilten sei, oder b dieselbe nicht großentheils durch die Handhabung des Instrumentes elbst hervorgebracht sei.

Cavallo hatte bemerkt, daß auch die mit Firniß überzogenen Platten durch eine geringe Reibung an einander elektrisch würden, die ich beim Aufsetzen der Scheiben auf einander und beim Abheben der-elben von einander nie gänzlich vermeiden läßt. Cavallo und Boh-enberger haben daher jeder Duplicatoren hergestellt, bei denen die Platten sich gar nicht mittelst eines zwischenliegenden festen Körpers be-ührten, sondern nur durch eine dünne Luftschicht isolirt wurden, übri-ens waren die Platten gar nicht mit einer isolirenden Substanz über-ogen. Hier fand nun gar keine Reibung, also auch keine Erzeugung on Elektricität durch Reibung der Platten auf einander statt, dennoch

Digitized by Google

zeigte es sich, daß diese Platten stets einige Elektricität besaßen. Denn selbst dann, wenn keiner der Platten seines Duplicators Elektricität mitgetheilt wurde, fand Cavallo, daß nach 10 bis 15 höchstens 20 maligem Verdoppeln die Platten so voll von Elektricität waren, daß sich sogar Funken aus denselben ziehen ließen. Vergebens versuche Cavallo alle Mittel die Platten gänzlich von aller Elektricität zu befreien. Er verband dieselben einen ganzen Monat lang durch einen guten Leiter der Elektricität mit der Erde, ließ sie während dieser Zeit unberührt stehen, und fand dennoch, als er nachher zu wiederholten Malen verdoppelte, noch Spuren einer in den Platten selbst enthaltenen Elektricität *).

Bohnenberger überzeugte sich ebenfalls von der großen Unsicherheit des Bennetschen Duplicators, indem in demselben stets, auch ohne daß einer seiner Scheiben Elektricität direct mitgetheilt worden ist, nach mehrmaligem Verdoppeln, Spuren von Elketricität bemerklich sind. Nur scheint nicht wahrscheinlich, daß, wie Cavallo meint, die Elektricität von den mit dem Duplicator selbst vorgenommenen Versuchen in demselben zurückgehalten werde, sondern es scheint die Elektricität vielmehr durch die Manipulation (das Verfahren bei dem Gebrauche desselben) selbst erst im Instrumente erzeugt zu werden. Nicht allein können eine Menge von Zufälligkeiten dem Instrumente geringe Quantitäten Elektricität zuführen, die nach dem Verdoppeln bemerklich werden, sondern es scheint die Haupturſache der freiwilligen Elektricitätserregung beim Bennetschen Verdoppler, nach Pfaff's Meinung, in dem galvanischen Verhältnisse zu liegen, das zwischen der vom Finger des Beobachters berührten Scheibe und diesem selbst jedesmal eintritt. Wie schwach die hierdurch erzeugte Elektricität anfangs auch sein mag, so wird sie doch endlich nach oftmaligem Verdoppeln bemerklich werden.

Dieser nachtheilige Umstand, durch welchen der Bennet'sche Duplicator zu feineren Bestimmungen unbrauchbar wird, nämlich das Berührtwerden desselben mittelst des Fingers, findet nun nicht statt bei dem von Nicholson erfundenen Duplicator, der mit einem Mechanismus versehen ist, durch den die Berührung mit dem Finger unnöthig gemacht wird. Dasselbe ist von Read folgendermaßen beschrieben.

Der (Fig. 244. abgebildete) Duplicator ist 10 Zoll hoch, und besteht ganz aus Messing und Glas. Zum Fuße dient eine massive Glassäule, welche den auf sie befestigten messingenen Würfel Q hinreichend isolirt. In einer sehr genau gearbeiteten Hülse dieses kubischen Stückes dreht sich die Welle L O so gedrängt, daß sie nicht wankt. Der

*) Cavallo wurde hierdurch veranlaßt den Bennet'schen Duplicator als unsicheres Instrument gänzlich zu verwerfen und an dessen Stelle seinen Collector (s. S. 420. in Art. Condensator) zu erfinden. Derselbe ist nicht sowohl ein den Duplicator ersetzendes Instrument, als vielmehr ein Condensator, indem derselbe, wie der Condensator zwar eine vorhandene große Menge Elektricität von schwacher Intensität bemerklich macht, aber nicht wie der Duplicator, eine an sich geringe Quantität Elektricität vervielfältigt.

Digitized by Google

hintere Theil derselben P O besteht aus Messing, und endigt sich in eine hohle Kugel aus Messingblech D; der vordere Theil L P ist ein massiver Glasstab, und trägt in L eine messingene Kurbel L V, vermittelst welcher die Welle gedreht wird. A, B und C sind drei von Glasstäben getragene Messingscheiben, ihr Rand und das Messingstück, welches sie auf die Glasstäbe befestigt, sind, um das Ausströmen möglichst zu verhindern, überall aufs Beste abgerundet. Die beiden unbeweglichen Scheiben A und C sind an die gebogenen Glasstäbe M und N befestiget, und von ihrem hintern Theile gehen zwei Drähte x und z herab, woran sehr empfindliche Elektrometer b, b hängen. Um die Flachsfäden dieser Elektrometer recht fein zu erhalten, ist es am besten, sie von der Pflanze selbst abzustreifen, und zu spalten, bis sie fast in der Luft schweben, und sie dann mit starkem Leime zu steifen, damit sie sich nicht drehen und durchkreuzen. Die dritte Messingscheibe B ist vermittelst des Glasstabes r s an eine Hülse befestigt, die auf den messingenen Theil der Welle aufgeschoben und fest geschraubt ist, so daß sie sich zugleich mit dieser umdreht; eine kleine Messingkugel W an der entgegengesetzten Seite der Hülse dient ihr zum Gegengewicht. Auf eine ähnliche Art ist an den gläsernen Theil der Welle vermittelst der Hülse t ein Messingstab g h so angebracht, daß bei jeder Umdrehung die feinen Drähte, die aus seinen Enden hervorgehen, gegen den untern horizontalen Arm der Drähte x und z schlagen. Die beiden Theile der Welle diesseit und jenseit des kubischen Stücks Q sind genau gegen einander abgewogen, so daß der Schwerpunkt der Welle mitten in den Kubus Q fällt. Die Scheiben A und C stehen genau in derselben Ebene, senkrecht auf der Axe, und auch die Scheibe B wird senkrecht auf die Axe gestellt, so daß sie im Umdrehen dicht vor den beiden ersten Scheiben, doch ohne sie zu berühren, vorbeigeht. Die feinen Drähte, in die sich sowohl der Messingdraht g h endigt, als auch die Drähte f d, welcher auf dem kubischen Stücke Q, und p, welcher auf dem Messingtheile P der Welle aufsitzt, lassen sich nach Willkür adjustiren und biegen. Man stellt sie so, daß im Augenblicke, da die umlaufende Scheibe B der festen A genau gegenübersteht, die mit den Scheiben A, C in Verbindung stehenden Messingstäbe x, z, von den Drähten g und h, und zugleich die umlaufende Scheibe B vom Drahte f d berührt wird, da dann die erstere unter sich und die letztere mit der Messingkugel D (vermittelst des messingenen Theils der Welle P O) in leitender Verbindung steht, und daß endlich, wenn die Axe so weit fortgedreht ist, daß B der andern festen Scheibe gegenübersteht, der Draht p gegen diese Scheibe C schlägt, und sie dadurch gleichfalls mit der Kugel D in leitende Verbindung setzt. In jeder andern Lage sind die Scheiben und die Kugel außer aller leitenden Verbindung unter einander.

Man theilt die Elektricität, welche verdoppelt werden soll, (z. B. die Elektricität einer einmal durch die Hand gezogenen Glasröhre), der Kugel D mit. Wenn nun die Scheibe B der festen A gegenübersteht, so berührt sie der Draht f d und setzt sie mit der Kugel D in leitende Verbindung, jene Elektricität theilt sich also der Scheibe B mit. Zu

gleicher Zeit bilden dann die beiden unbeweglichen Scheiben A und C vermöge des Stabes g h eine zusammenhängende Metallmasse, die durch Vertheilung elektrisirt wird, indem die Elektricität in der Scheibe B die gleichnamige aus der gegenüberstehenden A hinaus in das andere Ende der Metallmasse, d. h. in die Scheibe C treibt, so daß A negative, und C positive Elektricität erhält. Dabei wirkt aber die negative Elektricität der Scheibe grade so auf die Scheibe B und die damit verbundene Kugel zurück, und häuft fast alle positive Elektricität aus der Kugel in der Scheibe B an. Kommt nun diese der Scheibe C gegenüber, die in dem Augenblicke von dem Drahte p berührt und mit der Kugel D zu einer leitenden Masse wird, so elektrisirt B eben so wieder diese Masse durch Vertheilung, und die positive Elektricität wird aus C ganz in die Kugel D getrieben, somit also eine doppelte Menge Elektricität, als vorher, angehäuft. Kommt folglich B wieder in die erste Lage der Scheibe A gegenüber, so kann ihr die Kugel abermals Elektricität ertheilen, A wird also noch stärker negativ und C positiv elektrisch, und daher wird in der zweiten Lage der beweglichen Scheibe B, der Scheibe C gegenüber, wiederum mehr Elektricität in die Kugel D getrieben. So geht es beim fernern Drehen fort, in der Kugel und der Scheibe B wird die zugeführte, in A die entgegengesetzte Elektricität immer stärker angehäuft, bis endlich ihre Intensität so stark wird, daß sich ihre Schlagweite bis auf die Entfernung, in welcher B vor A vorbeigeht, erweitert. Dann entsteht eine Entladung zwischen beiden Scheiben, und das elektrische Gleichgewicht stellt sich mit einem kleinen Funken wieder her. Bei Elektricitäten, wie man sie mit dem Duplicator zu untersuchen pflegt, sind 15 bis 20 Umdrehungen mehrentheils hinlänglich, eine Explosion zu bewirken. Die Elektrometer pflegen schon bei der ersten Umdrehung zu divergiren (aus einander zu gehen.)

Pfaff theilt hiernach noch die Beschreibung eines nach Bohnenbergers Vorschrift verfertigten Duplicators mit, von dessen Brauchbarkeit er sich selbst zu überzeugen Gelegenheit hatte. Derselbe ist eine Abänderung des Nicholsonschen Instrumentes.

Fig. 245. stellt diesen Duplicator vor. Das Bret A, welches zum Fußgestelle dient, ist 10 Z. lang, 4 Z. breit und ½ Z. dick, und die in demselben befestigte Säule ist folgendermaßen eingerichtet, um dadurch die drehende Bewegung der Scheiben zu Stande zu bringen. Der untere Theil B ist 2¼ Z. hoch und 1¼ Zoll dick, und geht in einen Zapfen aus, der 5 Z. lang und 3 Lin. dick, und dessen oberes Ende schraubenförmig eingeschnitten ist. Auf diesem obern Theile sind zwei durchbohrte Stücke C und D aufgestellt, jedes 2,5 Z. dick und 2 Z. hoch, und zwischen beiden befindet sich ein Ring L, 0,5 Z. hoch, der vermittelst der Stellschraube M angedrückt werden kann. Der 2,5 Z. lange massive Glasstab a, welcher die zwei Zoll im Durchmesser haltende und 0,5 Z. dicke mit Stanniol überzogene Pappscheibe F trägt, ist in diesem Ringe befestigt. Der Glasstab b, an welchem die mit Stanniol überzogene Pappscheibe G von gleichem Durchmesser und ungefähr 4 L. dick sitzt, ist in das Stück C, und der Glasstab c der obern gleichen

Scheibe E in das Stück D befestigt, und zwar so, daß G und F, so wie F und E um eine Linie senkrecht von einander entfernt bleiben, zugleich aber die obere Scheibe E, wenn die unteren F und G gerade über einander stehen, um einen Zoll weit nach horizontaler Richtung von ihnen absteht. (Bei dem nach Pfaffs Angabe ausgeführten Instrumente sind in den Säulenstücken C und D Nuten angebracht, in welchen sich Messingstücke mit den Glasstäben, von denen die Scheiben getragen werden, auf und abbewegen lassen, so daß die Metallscheiben einander so nahe als möglich gebracht, aber auch in größeren Entfernungen von einander gestellt werden können, wodurch man die Vervielfältigungskraft des Duplicators abändern kann). Das massive Glasstäbchen H 3,5 Z. hoch, trägt eine von Pappe verfertigte und mit Stanniol überzogene Kugel von 2 Z. im Durchmesser (besser von hohlem Messing), das Glassäulchen I vermittelst eines kleinen hölzernen Aufsatzes den Draht c, der durch den Aufsatz durchgesteckt ist, und dessen in Ringe gebogene Enden die beiden beweglichen Scheiben E und G berühren, wenn sie in der Stellung sind, welche die Figur abbildet, und endlich der 6 Z. lange Glasstab d, der in das Stück D, nahe unter dessen oberem Ende befestigt ist, trägt auf eine ähnliche Art das hölzerne Stück g, und vermittelst desselben den durchgesteckten Draht f, dessen beide Endringe (oder statt dieser kleine Kugeln) in der Stellung, welche die Figur vorstellt, die Kugel und die feste Scheibe F berühren. Wird dagegen die Scheibe E senkrecht über F gebracht, so tritt sie und die Scheibe G, die sich zugleich mit ihr dreht, vom Drahte c, und zugleich der Draht f von der Kugel und der Scheibe F zurück, und dafür kommt der Draht h, der in den Rand der oberen Scheibe E eingelassen ist, eine angemessene Länge hat, und sich in einen Ring oder kleine Kugel endigt, mit der größern Kugel in Berührung. Der Handgriff K, vermittelst dessen die Stücke C und D stets zugleich gedreht werden, ist in das Stück D mit einem Zapfen festgemacht, und unten mit einen Ausschnitte versehen, in welchem ein Zapfen steht, der in das Stück C eingesetzt ist, damit sich der Handgriff zugleich mit D abnehmen und wieder aufstecken lasse. Doch kann man auch beide Zapfen in den Handgriff selbst einsetzen, und ihn so einzeln aufstecken und abnehmen. Zu oberst auf die Säule B wird noch ein gewölbter Aufsatz N aufgeschraubt. Das ganze würde sich sehr geschmeidig und niedlich aus Messing machen lassen, doch müßten die Scheiben, damit man sie gut an die Glasstäbchen befestigen könne, hohl und trommelförmig gemacht, und inwendig in sie, so wie auch auf die Stücke C, D und L Röhrchen für die Glasstäbe eingelöthet werden. Die Säule B müßte von abgedrehtem und gut polirtem Stahle gemacht und in einen Fuß von Mahagonyholz geschraubt werden.

Die ganze Operation mit diesem Instrumente besteht in einem Hin- und Herdrehen der beiden beweglichen Scheiben vermittelst des Handgriffs. Wird in der Stellung, welche die Figur abbildet, der Kugel ein schwacher Grad von positiver Elektricität mitgetheilt, so treibt die Scheibe F, die durch den Draht f mit der Kugel zusammenhängt, aus der darunter befindlichen Scheibe G einen Theil der dieser Scheibe

eigenthümlichen positiven Elektricität durch den Draht e in die obere Scheibe hinein, welche dadurch positiv wird, aber in einem Grade, der noch auf kein Elektrometer wirkt. Wird nun beim Drehen die Verbindung der Scheiben unterbrochen, so bleiben G negativ, F und E positiv elektrisch; und kommen E und F senkrecht über einander, und zugleich E mit der Kugel in Verbindung, so wird ihre positive Elektricität durch den Draht e in die Kugel getrieben. Beim Zurückdrehen kann also F wieder mehr positive Elektricität aus der Kugel erhalten, treibt also noch etwas aus der Scheibe G in die obere, und diese führt es dann wieder der Kugel zu, und so geht die Operation weiter, bis F und G durch eine Explosion das elektrische Gleichgewicht wieder herstellen.

Sowohl bei dem Nicholsonschen als auch bei dem (zuletzt beschriebenen) von ihm hergestellten Instrumente fand Bohnenberger in wiederholten Versuchen, auch nach 200 ja 250 maliger Rotation doch keine Spur von Elektricität, wenn dieselbe nicht vorher dem Instrumente mitgetheilt worden war. In einzelnen Versuchen zwar kann allerdings auch ohne vorherige Mittheilung an das Instrument nach mehrmaliger Rotation dennoch Elektricität bemerkt werden, dann aber hatten entweder die Scheiben und die Kugel nicht lange genug seit dem letzten Versuche mit dem Erdboden in leitender Verbindung gestanden, enthielten also noch von den frühern Versuchen Spuren von Elektricität, oder es war dem Instrumente durch einen Zufall unbemerkt Elektricität zugeführt worden. Jedenfalls bestätigt diese Erscheinung die Pfaff'sche Bemerkung, daß namentlich durch das Berühren mit dem Finger das Bennet'sche Instrument unzuverlässig werde, denn der Nicholson'sche Duplicator unterscheidet sich von dem Bennet'schen wesentlich nur dadurch, daß bei ihm die Scheiben nicht berührt zu werden brauchen. Pfaff's Meinung wird auch noch durch eine andre Beobachtung von Bohnenberger unterstützt, daß nämlich im Bennet'schen Duplicator die Zeichen der Verdopplung gegen die Berechnung*) eher als im Nicholsonschen sich äußern, und daß er weniger Operationen als dieser erfordert. Als z. B. Bohnenberger in beiden einer Scheibe so viel möglich eine gleiche Quantität elektrischer Materie mitgetheilt hatte, zeigten sich beim Bennet'schen Duplicator die ersten Fünkchen schon bei der achten bis zehnten und die Explosion bei der 12ten bis 15ten Berührung der mittlern Scheibe, bei seinem Nicholson'schen Duplicator waren erst nach 20 bis 25 maligem Hin- und Herschieben Zeichen der Verdoppelung sichtbar, und nach 30 bis 40 maliger erfolgte erst die Explosion. Es ist also nicht unwahrscheinlich, daß bei dem Bennet'schen Instrumente die Elektricität noch

*) Nach der Berechnung muß, wenn man die der untern Scheibe im Bennet'schen Duplicator mitgetheilte Elektricität = 1 setzt, nach 10 maliger Operation, diese Elektricität zu $2^{10} = 1024$ verstärket worden sein, beim Nicholson'schen Duplicator aber dieselbe 10 mal wiederholte Operation die Elektricität auf $2^{10} - 1 = 1023$ mal vervielfältigt haben.

Digitized by Google

durch die Berührung mit dem Finger verstärkt worden, so daß bei der Handhabung desselben nicht allein die zuerst dem Instrumente mitgetheilte, sondern auch die auf diese Weise mitgetheilte Elektricität vervielfältigt wurde.

Durchgang eines Gestirns durch den Meridian findet statt, sobald ein Gestirn in seinem scheinbaren Laufe um die Erde durch diejenige Ebene geht, in welcher der Mittagskreis eines bestimmten Ortes auf der Erde liegt. Daher finden die Durchgänge durch den Mittagskreis für diejenigen Orte, welche nicht unter demselben Meridian liegen, zu verschiedenen Zeiten statt, und die Zeit, in welcher der Durchgang der Sonne durch den Meridian erfolgt, ist für alle unter diesen Meridianen liegende Orte die Zeit des Mittags. In dem Augenblicke, wo ein Stern durch den Mittagskreis geht, culminirt er, und die Beobachtung der Zeit, in welcher ein Stern culminirt, fällt daher zusammen mit derjenigen Zeit, wo er durch den Meridian geht (s. d. Art. Culmination S. 421). Diejenigen Gestirne, welche nie unter den Horizont herabsinken, gehen zweimal durch den Mittagskreis und haben das einemal ihre größte, das andremal ihre kleinste Höhe über dem Horizonte erreicht. Das letztere ist der Fall, wenn sie unterhalb des Poles durch den Meridian gehen. Man bedient sich zu Beobachtung des Durchganges der Gestirne des Mittagsfernrohrs oder Passageinstrumentes, welches so aufgestellt ist, daß es nur in der Ebene des Meridians beweglich ist; sobald ein Stern durch den Mittelfaden des Fernrohres bedeckt erscheint, geht derselbe durch den Meridian.

Durchgang des Mercurs oder der Venus durch die Sonnenscheibe erfolgt, sobald einer der genannten Planeten so zwischen die Sonnenscheibe und die Erde zu stehen kommt, daß diese drei Gestirne in einer geraden Linie liegen, ist also eine der Sonnenfinsterniß, wo der Mond zwischen Sonne und Erde steht, ähnliche Erscheinung, nur daß wegen des geringen scheinbaren Durchmessers, welchen Mercur und Venus im Vergleich zum Durchmesser der Sonne haben, bei ihren Durchgängen durch die Sonnenscheibe, keine Verfinsterung erfolgt. Die Durchmesser des Mercurs und der Venus sind gegen den der Sonne so klein, daß man ihre Durchgänge nicht einmal mit bloßen Augen wahrnehmen kann, und dieselben daher erst seit Erfindung der Fernröhre beobachtet worden sind, und zwar der erste Mercursdurchgang nach Ankündigung Keplers durch Gassendi im J. 1631., der erste Venusdurchgang durch Jeremias Horox im J. 1639. Wenn die Bahnen der Erde, des Mercurs und der Venus in Einer Ebene lägen, so würden, so oft einer dieser Planeten zwischen der Erde und Sonne hindurchgeht, Durchgänge statt finden, so aber sind die Bahnen jener Planeten gegen die Bahn der Erde unter einem bestimmten Winkel geneigt, und die Planeten werden daher in den wenigsten Fällen, wenn sie zwischen Erde und Sonne hindurch gehen, in gerader Linie mit diesen Weltkörpern zu stehen kommen. Daher können die Durch-

gänge nur dann stattfinden, wenn Mercur oder Venus die Erdbahn durchschneiden (oder in ihre Knoten kommen), und überdieß die Stellung des Mercurs oder der Venus gegen Erde und Sonne die ist, daß die drei Gestirne in einer geraden Linie liegen. Die Erscheinung kann nur an dem Orte in der Ekliptik stattfinden, wo die Knoten der Planetenbahnen liegen. Diese Puncte rücken jährlich nur unbedeutend nach Westen fort, und man kann sie daher als feststehend in der Ekliptik annehmen. Die Durchgänge können deßwegen nur zu bestimmten Zeiten des Jahres erfolgen, nämlich dann, wenn die Erde auf ihrer jährlichen Bahn zu diesen Puncten kommt.

Die Durchgänge des Mercurs treten hiernach stets im Mai oder November ein, aber nur aller 3,7,10 oder aller 13 Jahre, wobei dann der Mercur als ein kleiner, runder, schwarzer Fleck auf der Sonnenscheibe erscheint, der sich vom Ostrande nach dem Westrande über sie hinbewegt und nur den 150. Theil ihres Durchmessers einnimmt. Der nächste Durchgang des Merkurs wird den 7 Nov. 1835 erfolgen, dann den 8. Mai 1845, den 9. Nov. 1848, den 11. Nov. 1861, den 4. Nov. 1868, den 6. Mai 1878, den 7. Nov. 1881, den 9. Mai 1891 und endlich das letzte Mal in diesem Jahrhunderte den 10. Nov. 1894.

Die Venus geht noch seltener als der Mercur durch die Sonnenscheibe, und zwar stets Anfang Juni oder Anfang December abwechselnd nach 8 und 113½ Jahren. Obschon der letzte Venusgang am 3. Juni 1769 (vorher 1761) erfolgt ist, so wird doch der nächste erst den 9. December 1874 und dann den 6. Dec. 1882 erfolgen.

Die Beobachtung der Durchgänge namentlich der Venusdurchgänge ist für die Astronomie von der größten Wichtigkeit, indem zuerst 1716 Halley darauf aufmerksam machte, daß man daraus die Größe der Sonnenparalaxe und daraus wieder die Entfernung der Erde von der Sonne bestimmen könne. Daher vereinigte sich im Jahre 1769, man kann sagen, das ganze gebildete Europa zu Beobachtung des Venusdurchganges; der preußische, englische, französische, schwedische und russische Hof sandten nach den verschiedensten Gegenden der Erde geschickte Beobachter; England nach der Hudsonsbai im Norden Amerikas, nach der Insel Taiti in der Mitte des Südmeeres, Frankreich nach Californien im nördlichen Amerika, Dänemark nach Wardhous in Lappland, Schweden nach Cajaneburg in Finnland, und Rußland nach allen Puncten von Sibirien. Sämmtliche Beobachtungen vom J. 1769 hat Enke zusammengefaßt, so wie die des 1761 erfolgten Venusdurchganges, und daraus die Sonnenparalaxe = 8″,577 (mit einer Unsicherheit, von etwa 0″,04) und die Entfernung der Erde von der Sonne = 20666800 oder genauer nicht über 20755943 und nicht unter 20577649 Meilen gefunden.

Daß übrigens nur Venus und Mercur, die sogenannten unteren Planeten, Durchgänge durch die Sonnenscheibe haben können, ist klar; denn nur diese Planeten können zwischen Erde und Sonne zu stehen kommen, weil alle übrigen weiter von der Sonne entfernt sind als die Erde.

zed by Google

Durchseihen ist das Mittel, dessen man sich bedient, um feste Körper von flüssigen zu scheiden. Bei dem gewöhnlichen Durchseihen oder Coliren findet keine vollständige Scheidung statt, sondern es bleiben noch feine Theile des festen Körpers in der Flüssigkeit zurück. Man bedient sich dazu des Seihetuches von Flanell oder Leinewand, oder eines Haarsiebes, eines Durchschlages von Blech u. s. w. Stark ätzende Säuren pflegt man zu coliren, indem man sie auf gestoßenes Glas gießt, das in einen Trichter gefüllt ist.

Eine vollkommnere Abscheidung des festen Körpers vom flüssigen wird durch das Filtriren erlangt, zu dem man sich des Löschpapiers bedient, welches kegelförmig zusammengerollt, und in einen Trichter gelegt wird. In dieses gießt man das zu scheidende Gemenge, und während die Flüssigkeit durch die Poren des Papiers durchdringt, bleibt der festere Körper in der Papiertüte zurück. (S. d. Weitere im Art. Filtriren.)

Durchsichtigkeit heißt die relative Eigenschaft der Körper, das Licht mehr oder weniger durch sich hindurchzulassen. Relativ ist diese Eigenschaft, weil sie einige Körper in höherem, andre in geringerem Grade, viele aber (die undurchsichtigen) gar nicht besitzen. Wenn das Licht auf einen Körper fällt, so wird es theils von ihm zurückgeworfen, theils dringt es in denselben ein; geht das in ihn eingedrungene Licht durch den Körper hindurch, so ist er mehr oder weniger durchsichtig. Von den undurchsichtigen Körpern, welche Licht in sich aufnehmen, ohne es doch wieder von sich zu geben, sagt man, daß sie das Licht absorbiren (verschlucken). Ein Körper, welcher gar kein Licht absorbirte, sondern dasselbe ganz ungeschwächt durch sich hindurch ließe, wäre ein vollkommen durchsichtiger Körper, aber einen solchen Körper gibt es nicht, sondern vielmehr leidet das Licht beim Durchgange durch jeden Körper, auch beim Durchgange durch die Luft, eine größere oder geringere Schwächung. Ist ein Körper nur schwach durchsichtig, so nennt man ihn durchscheinend.

Die größere oder geringere Durchsichtigkeit der Körper hängt keineswegs von ihrer größeren oder geringeren Dichte ab; denn viele Körper von großer Dichte sind durchsichtig, während es solche von geringerer Dichte gar nicht oder nur in geringem Grade sind, so z. B. ist Glas durchsichtig und das weniger dichte Holz nicht. Dagegen scheint die Durchsichtigkeit durch die durchgängig optische Gleichartigkeit eines Körpers bedingt zu sein, d. h. dadurch, daß die verschiedenen, einen Körper ausmachenden, Theile das Licht mehr oder weniger in demselben Grade brechen. Hierfür spricht besonders die von Brewster gemachte Bemerkung, welche im Art. Brechung einfache S. 342. angeführt worden, daß wenn man einen für sich wegen Unebenheiten seiner Oberfläche undurchsichtigen Körper in eine mit ihm gleiches Brechungsvermögen habende Flüssigkeit bringt, derselbe durchsichtig wird, welches ein Mittel gibt, mit Leichtigkeit die kleinsten, die Durchsichtigkeit störenden Fehler im Innern ungeschliffener Edelsteine zu entdecken. Baumgartner führt noch folgende Erscheinungen an: Papier wird durch-

sichtiger, wenn man es in Oehl tränkt d. h. die in seinen Poren enthaltene Luft durch Oehl ersetzt; Luft wird durchsichtiger, wenn sie Dämpfe aufnimmt, alle Glase sind durchsichtig, weil ihr Brechungsvermögen von dem des leeren Raumes (ihrer Poren) nicht um viel verschieden ist. Der Hydrophan (Weltauge) kommt an Durchsichtigkeit dem Glase gleich, wenn man die Luft in seinen Zwischenräumen durch Wasser ersetzt *). Ein nicht polirtes Glasstück erscheint völlig durchsichtig, wenn man es mit Wasser oder noch besser Terpentinöl benetzt, dessen Brechungsvermögen dem des Glases nahe gleichkommt. Zwei Glasplatten sind durchsichtiger, wenn sich Wasser als wenn sich Luft zwischen ihnen befindet, am durchsichtigsten aber, wenn man sie mit einem aus Guajacharz und Canadabalsam bestehenden Firniß zusammenkittet. Glas verliert seine Durchsichtigkeit durch Zerstoßen, indem alsdann die Glastheile mit der schwächer brechenden Luft gemengt werden. Auch scheint zur Durchsichtigkeit außer der optischen Gleichartigkeit noch erforderlich zu sein, daß das Brechungsvermögen eines Körpers nicht zu stark von dem des Mittels abweiche, durch welches der Strahl zu dem Körper gelangt, indem, wenn der genannte Unterschied zu groß ist, der eindringende Theil eines auffallenden Lichtstrahls eine zu geringe Intensität hat, um eine Schicht von merklicher Dichte durchdringen zu können, und fast alles Licht reflectirt wird. Deßwegen sind alle Metalle un-

*) Gehler erzählt, Sauſſure d. J. habe den Betrug eines Mineralienhändlers mit einem weißen, undurchsichtigen Steine entdeckt, welcher bei mäßiger Erhitzung in einem Löffel die Farbe und Durchsichtigkeit des schönsten Topases annahm. Der Stein war an Farbe und Größe einer weißen Bohne ähnlich, ward von dem Mineralienhändler Sonnenstein genannt, und sollte sich nach dessen Vorgeben in dem Sande von Armenien finden, wo er des Nachts undurchsichtig, am Tage aber durch die Wirkung der Sonnenstrahlen durchsichtig werden sollte. Sauſſure kam bald auf die Vermuthung, daß dieser Stein nichts anderes als ein Hydrophan sein könne, aber mit einer Substanz wie Wachs getränkt, welche beim Schmelzen durchsichtig und beim Gestehen undurchsichtig werde. Durch dieses Mittel mußte sich der Hydrophan (v. d. Griech. ὕδωρ Wasser und φαίνειν scheinen) in einen Pyrophan (v. d. Griech. πῦρ Feuer und φ. scheinen) verwandeln, oder durchsichtig werden, wenn man ihn erwärmte, aus eben der Ursache, warum er durchsichtig wird, wenn man ihn in Wasser legt. Er ließ also einen Hydrophan in geschmolzenem Jungfernwachse digeriren, bis er eine vollkommene Durchsichtigkeit angenommen hatte, nahm ihn dann heraus, und erhielt dadurch einen Pyrophan, der dem des Mineralienhändlers vollkommen ähnlich war. Ein so präparirter Hydrophan erlangt in der Hitze eine weit größere Durchsichtigkeit als ein Hydrophan derselben Art im Wasser, weil das Brechungsvermögen des Wachses dem des Steines noch näher steht als das des Wassers. Wenn man das Wachs, worin man ihn digeriren läßt, länger oder stärker erhitzt, so nimmt der Stein beim Durchsichtigwerden die Granatfarbe an. Wenn man das Wachs ein wenig färbte, so könnte man ihn auch andre Farben annehmen lassen.

durchsichtig, weil ihr Brechungsvermögen bei weitem das der äußeren, gewöhnlichen durchsichtigen Mittel übertrifft.

Brewster hat, wie im Art. Brechung, einfache S. 341. gesagt worden, gefunden, daß viele undurchsichtige Körper, in sehr dünnen Schichten angewandt, durchsichtig werden. Diesem entsprechend ist die Erscheinung, daß auch der durchsichtigste Körper, wenn er die gehörige Dicke hat, endlich undurchsichtig wird. So fand Rumford, daß ein feines, gut polirtes Spiegelglas nur 0,8027 des auffallenden Lichtes durchließ, und nach mehreren Versuchen war der Lichtverlust zwischen 0,172 und 0,211; bei sehr dünnen Tafeln von hellem, farbenlosen, ungeschliffenen Glase war der Verlust nur 0,126. Herschel fand, daß ein Glas von geringer Dicke, wie sie etwa bei optischen Gläsern von kurzen Brennweiten vorkommen, 0,948 des Lichtes durchließ. Läßt also eine Glasplatte nur 0,8 von dem auf sie fallenden Lichte hindurch, so wird eine zweite Glasplatte von dem durch die erste auf sie kommenden Lichte wieder nur 0,8 durchlassen, also von dem auf die erste Platte fallenden nur noch 0,64; eine dritte Platte wird von diesem wieder nur 0,8 hindurchlassen, und so wird das Licht durch jede neu hinzukommende Platte immer mehr und mehr geschwächt, bis seine Intensität so gering geworden ist, daß es durch das Auge gar nicht mehr wahrgenommen wird. Bouguer stellte in dieser Beziehung Versuche an, indem er sich noch mehr das Licht schwächender Glasplatten bediente, von denen 16 nur $\frac{1}{247}$ durchließen. Durch 74 solcher Tafeln erschien das helle Sonnenlicht nur noch als ein matter Schein; sie ließen nach der Rechnung nur $\frac{1}{11847200000}$ Theile durch; 80 Gläser wurden nur noch $\frac{1}{91935863600}$ durchlassen, und man kann mit Bouguer annehmen, daß dieses äußerst schwache Licht gar nicht mehr vom Auge bemerkt werden würde, daß also, obgleich jede einzelne Glasplatte für sich durchsichtig ist, doch eine Masse von 80 solcher Tafeln vollkommen undurchsichtig erscheinen würde. Das Seewasser absorbirt bei einer Dicke von 679 F. alles Licht, und selbst die Luft würde bei einer Höhe von 518385 Toisen alles Sonnenlicht absorbiren, d. h. eine so dicke Schicht würde als vollkommen undurchsichtig erscheinen. Indem die Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre nach unserem Auge gelangen, kann man annehmen, daß sie beim senkrechten Herabgehen ungefähr nur noch $\frac{3}{4}$ bis $\frac{4}{5}$ von der Intensität haben, welche sie vor dem Eintritte in die Atmosphäre hatten, und sie werden um desto mehr geschwächt werden, je länger der Weg ist, den sie von der Atmosphäre bis zu unserm Auge zurücklegen müssen, oder was dasselbe ist, je schiefer sie herabfallen, wie dieses denn auch durch die Erscheinungen in der Natur bestätigt wird. — Vergl. d. Art. Licht.

Dynamik (v. d. griech. δύναμις Kraft) heißt die Wissenschaft von den Kräften und denen durch sie bewirkten Bewegungen, und ist demnach ein Theil der angewandten Mathematik. Sie wird, je nachdem sie sich auf die Bewegungsgesetze fester Körper, oder tropfbar flüssiger oder luftförmiger bezieht, eingetheilt in Stereodynamik, (v. d. griech. στερεός fest) oder auch nur schlechthin Dynamik, Hy-

Digitized by Google

drodynamik (v. d. griech. ὕδωρ Flüssigkeit), in Aërodynamik (v. d. griech. ἀήρ die Luft) oder Pneumatik (v. d. griech. πνεῦμα Hauch, Luft).

Man versteht unter Dynamik auch außerdem noch eine gewisse, durch Kant aufgekommene Naturansicht, nach welcher die Existenz, das Vorhandensein der Materie durch gewisse Grundkräfte oder Urkräfte, nach Kant Ziehkraft und Dehnkraft (vergl. d. Art. Abstoßung) bedingt sein soll, auf welche dann auch alle Veränderungen der Materie nach Ansicht der weiter als Kant gehenden Schüler desselben zurückgeführt werden sollen. Die Anhänger dieser Ansicht werden die Dynamiker genannt, denen die Atomistiker, wie der Dynamik die Atomistik (v. d. griech. ἄτομος unzerschneidbar) entgegengesetzt werden, welche letzteren die Eigenschaften der Körper aus der Beschaffenheit der nicht weiter theilbaren, also einfachen Theile, aus denen die Körper bestehen, (die Atome, Elemente, Molecules) erklären wollen. In der Physik als einer Erfahrungswissenschaft ist weder die Dynamik noch die Atomistik von Bedeutsamkeit, indem weder die Grundkräfte der Dynamiker, noch die Atome der Atomistiker Gegenstände der Erfahrung sind, bei einer philosophischen Betrachtung der Natur aber erscheinen beide Ansichten als einseitig. Größere Bedeutsamkeit haben sie nur (namentlich die Atomistik) bei mathematischer Naturbetrachtung, wo es auf Erfassung nicht des Wesens der Dinge, sondern der Form ankommt.

Ende des ersten Bandes.

Wortverzeichnisse werden den einzelnen Bänden nicht beigegeben, weil dieselben durch den angekündigten Registerband überflüssig würden; vorläufig aber mögen folgende Verweisungen vergebliches Nachschlagen und mögliche Mißverständnisse verhindern:

Abendstern s. Venus.
Achromatismus s. Fernrohr und Linsenglas.
Aequinoctium s. Nachtgleichen.
Aeolipile s. Dampfkugel.
Aërometrie s. Luft.
Aëronautik s. Luftschiffahrtskunde.
Aërostat s. Luftballon.
Affinität s. Verwandschaft.
Alkohol s. Weingeist.
Antimon s. Spießglanzmetall.
Aräometer s. Senkwage.
Artesische Brunnen s. Quellen.
Ballistik s. Geschützkunst und Wurf.
Birnprobe s. Luftpumpe.
Camera s. Kammer.
Capillarität s. Haarröhrchenanziehung.
Chronometer s. Zeitmesser.
Collector s. Condensator.
Compressibilität s. Zusammendrückbarkeit.
Dynamometer s. Kraftmesser.

Digitized by Google

Fig. 14.

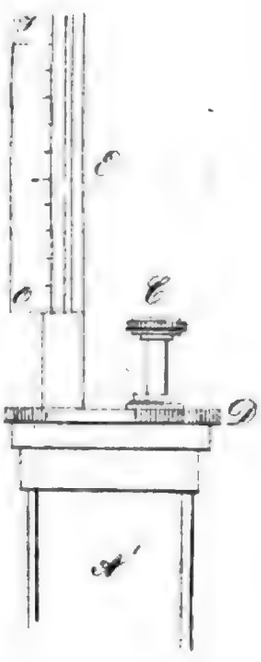


Fig. 26.

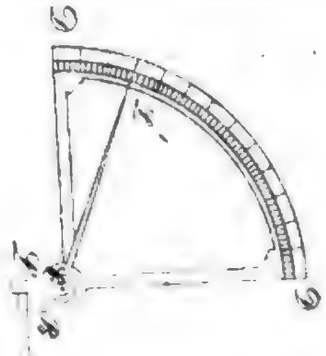


Fig. 12.

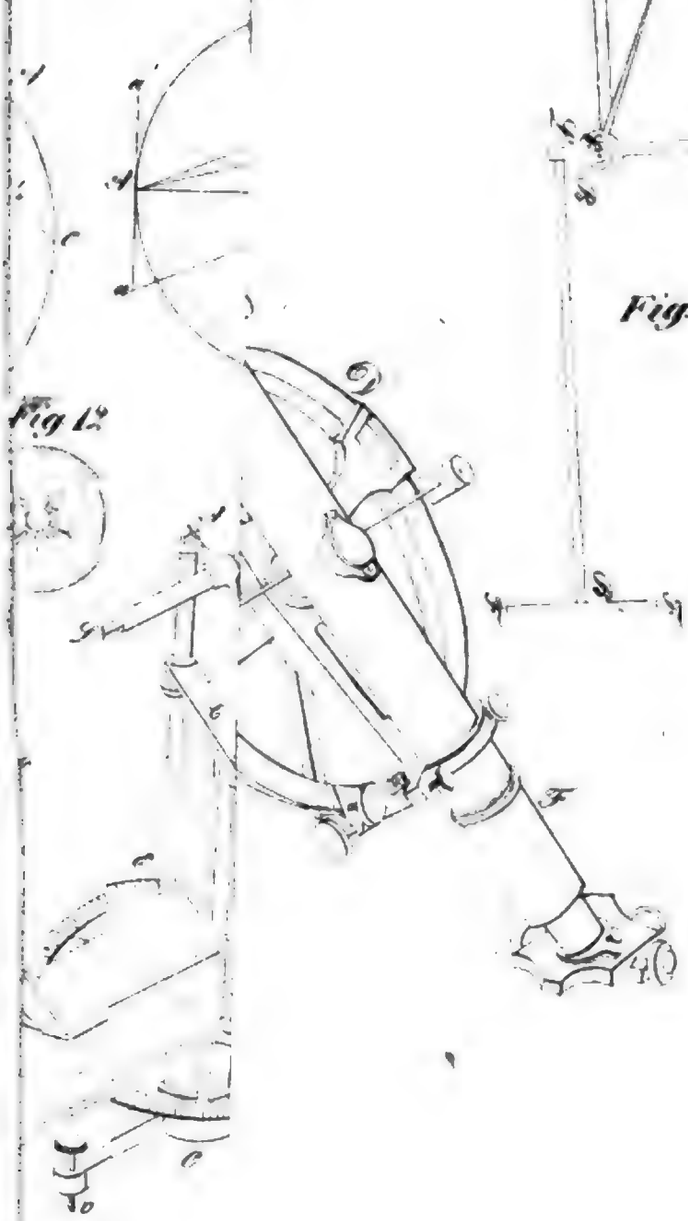


Fig. 21.

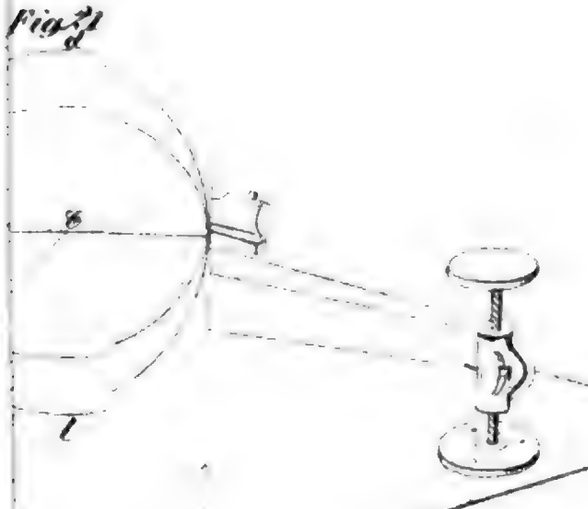
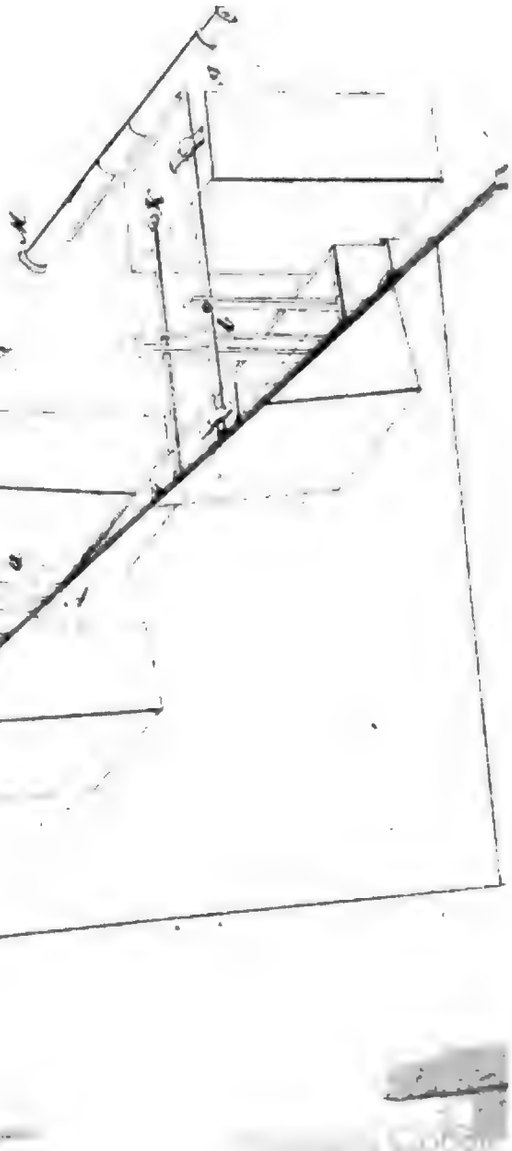


Fig. 27.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Fig. 54.

Fig. 57.

Fig. 56.

Fig. 46.

Fig. 66.

Fig. 44.

Fig. 64.

Fig. 40.

Fig. 67.

Fig. 61.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Fig. 72.

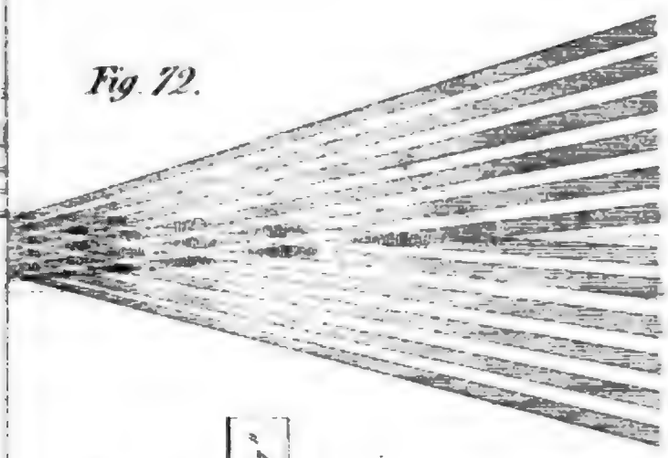


Fig. 73

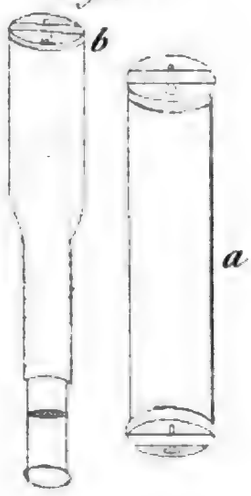


Fig. 87.

Fig. 89.

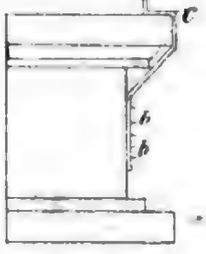


Fig. 90

Fig. 91

Fig. 103.

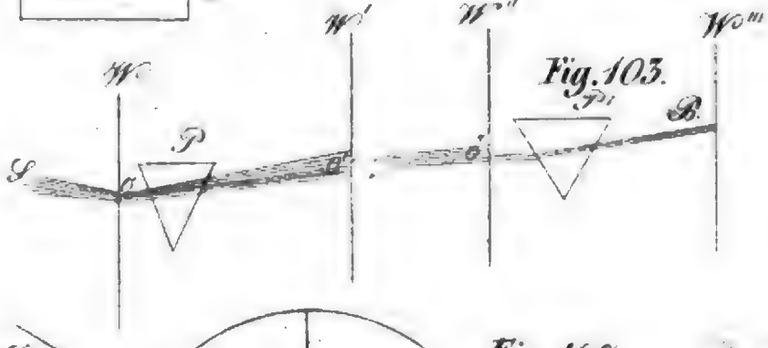


Fig. 102

Fig. 108

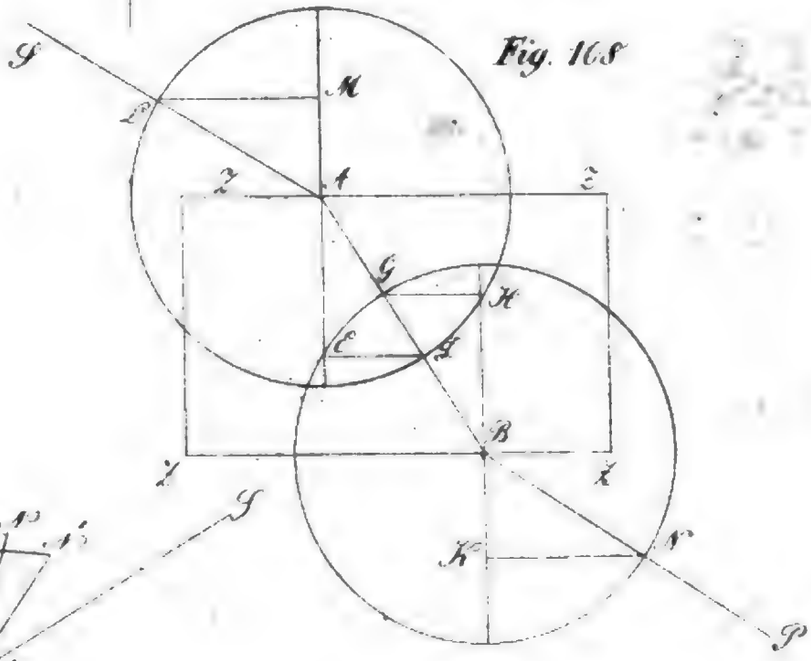
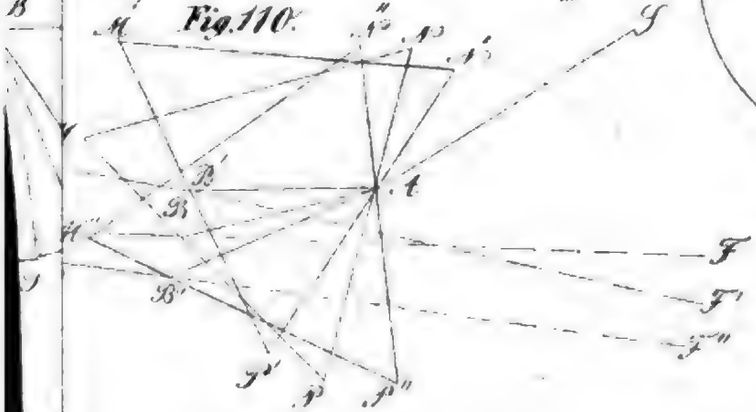


Fig. 110.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Digitized by Google

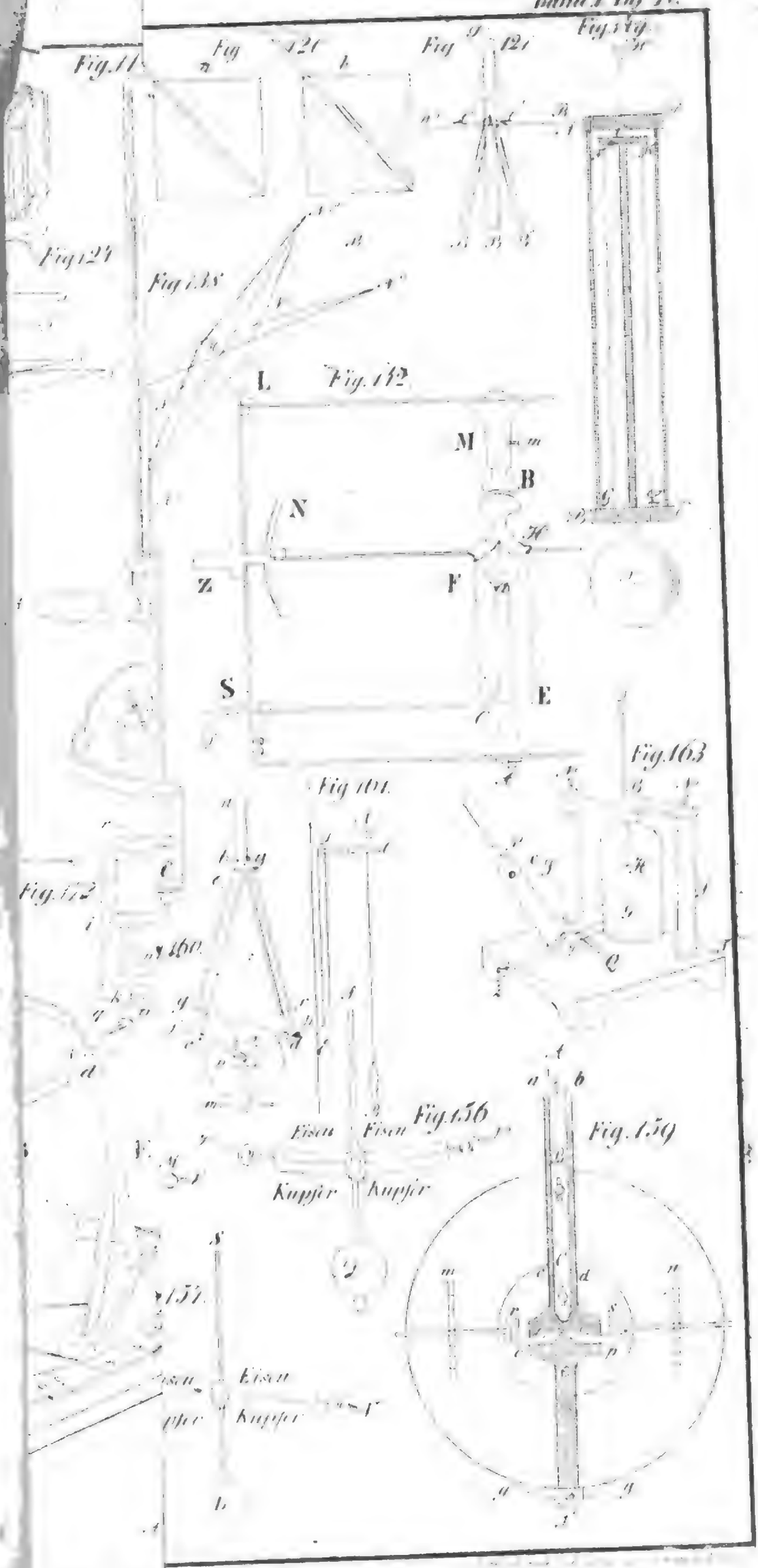


Fig. 11
Fig 121
Fig 121
Fig 124
Fig 125
L
Fig. 162
M
B
N
Z
F
S
E
Fig. 163
Fig 101.
Fig. 162
460
Eisen
Eisen
Kupfer
Kupfer
Fig. 156
Fig. 159
151
Eisen
Kupfer

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

Digitized by Google

Fig. 176.

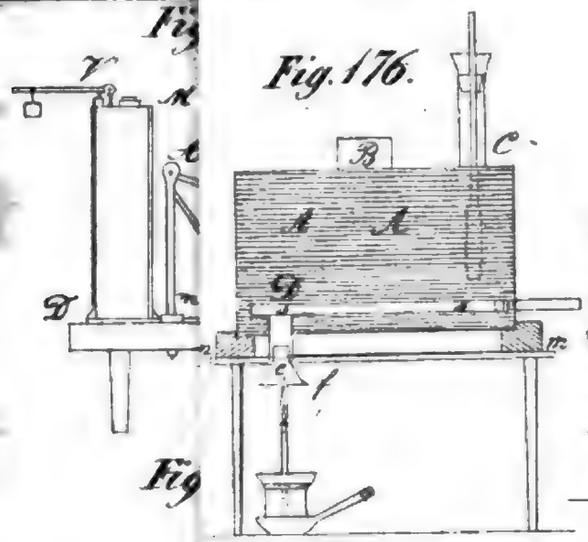


Fig. 177.

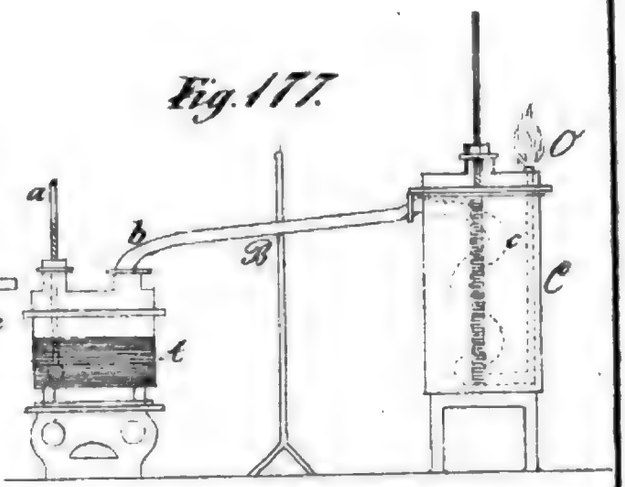


Fig. 178. und 191.

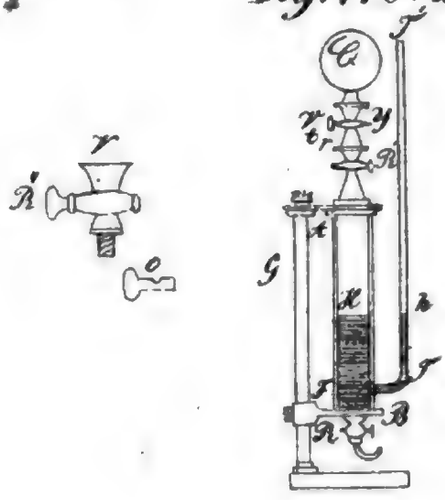


Fig. 179.

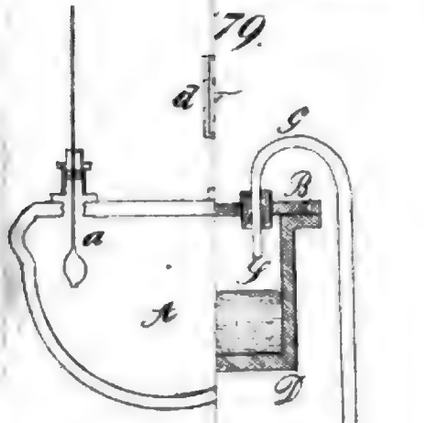


Fig. 16

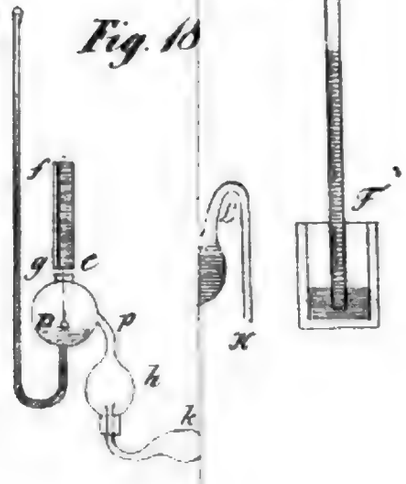


Fig. 193.

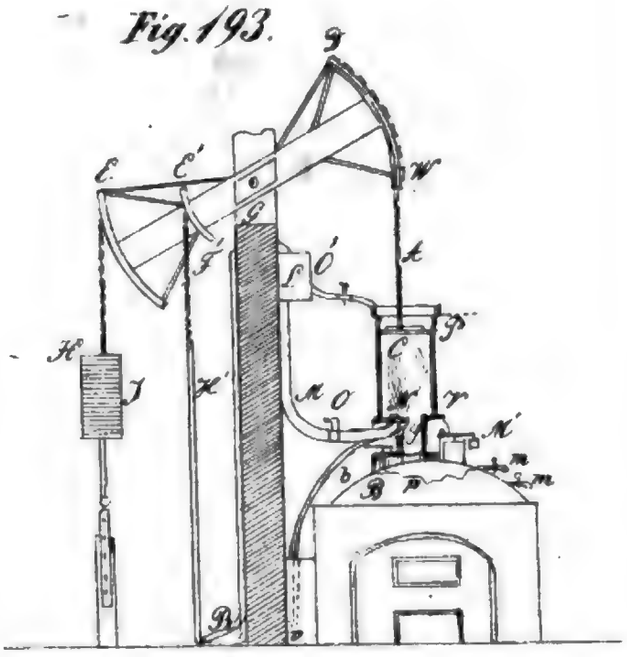
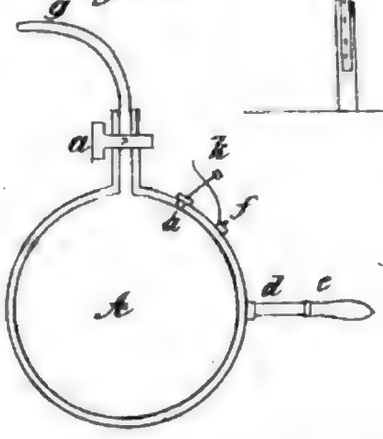


Fig. 192.



TH
PU
T

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Fig. 197.

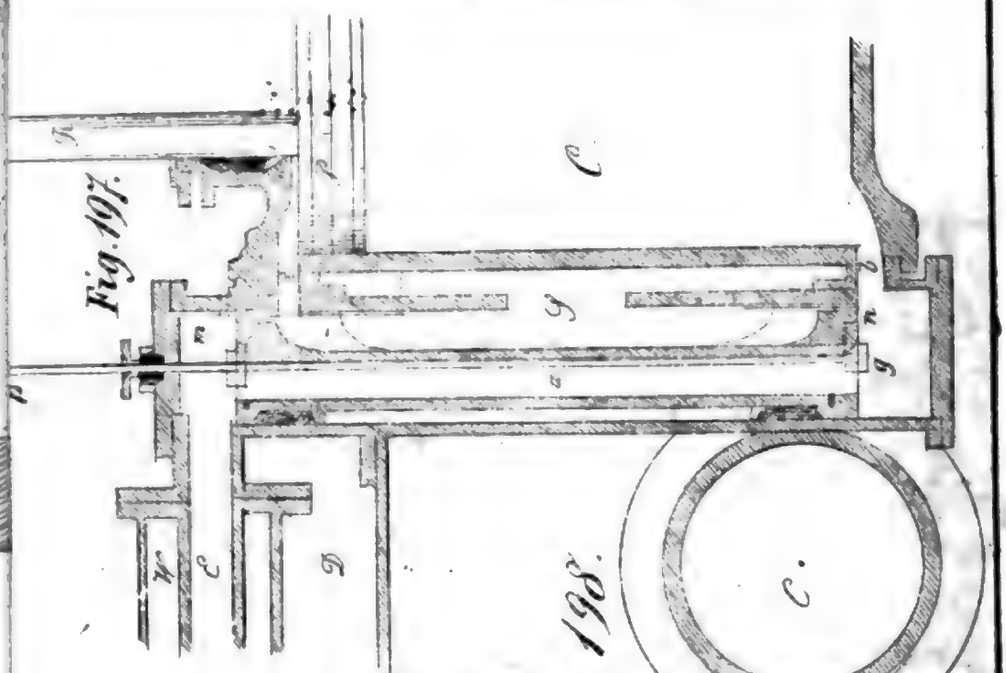


Fig. 198.

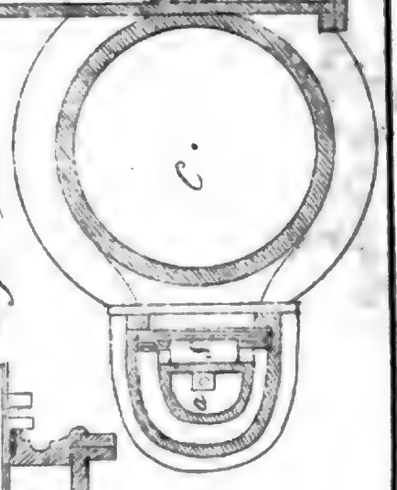
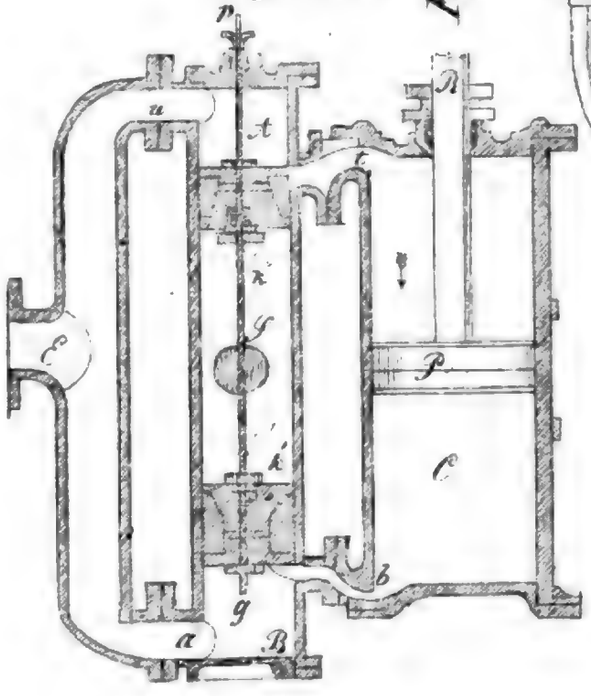


Fig. 199.



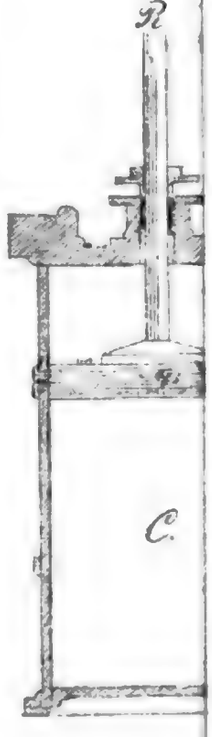
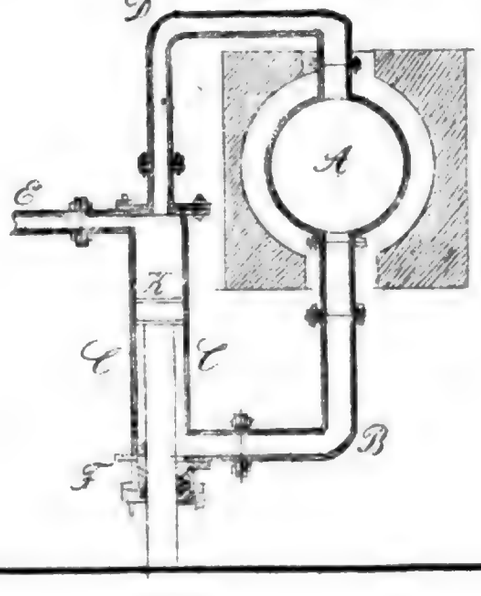


Fig. 200.



THE N
PUBLI
ASTOR
TILDEN

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Digitized

Fig. 203.

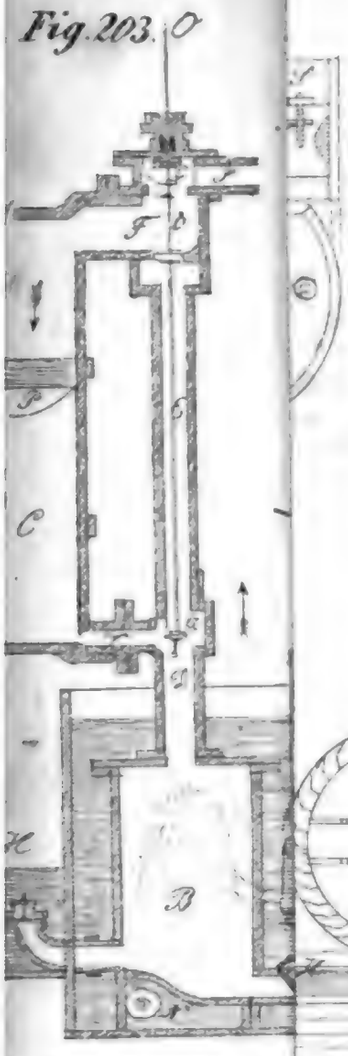


Fig. 216.

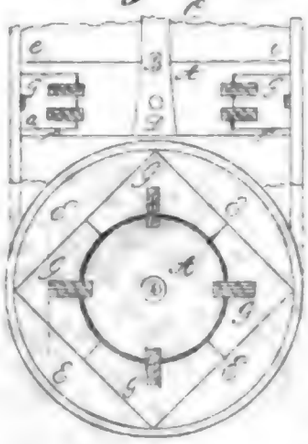


Fig. 223.

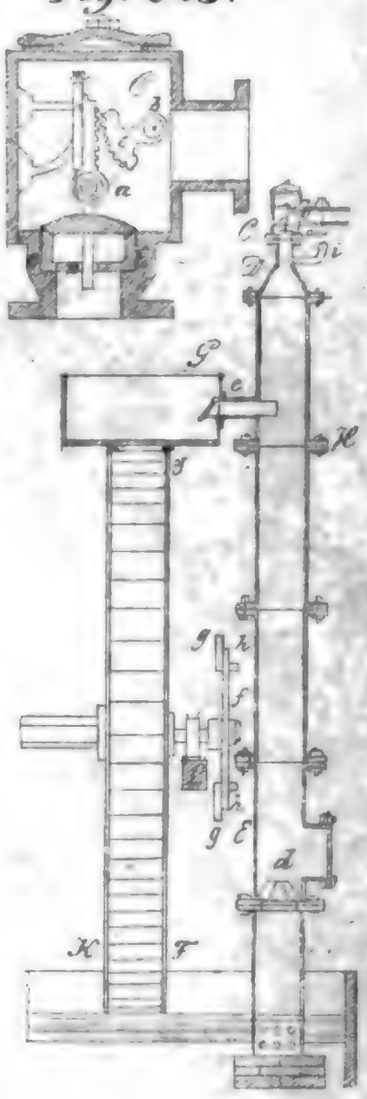


Fig. 224.

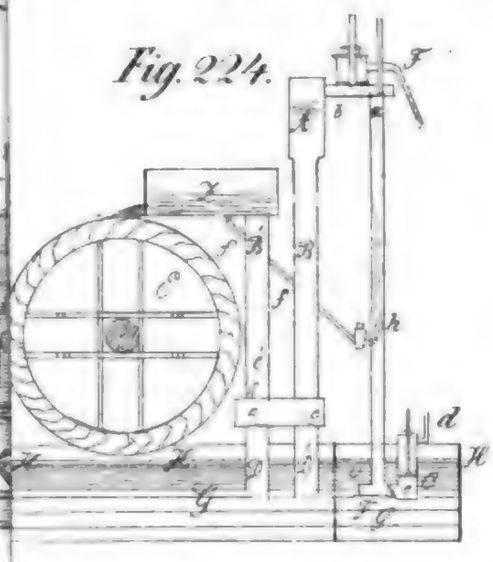


Fig. 213.

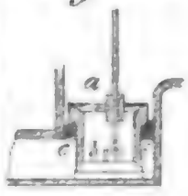
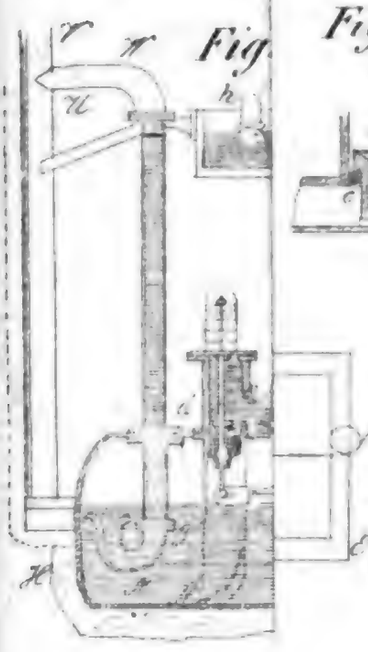


Fig.



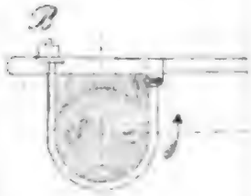
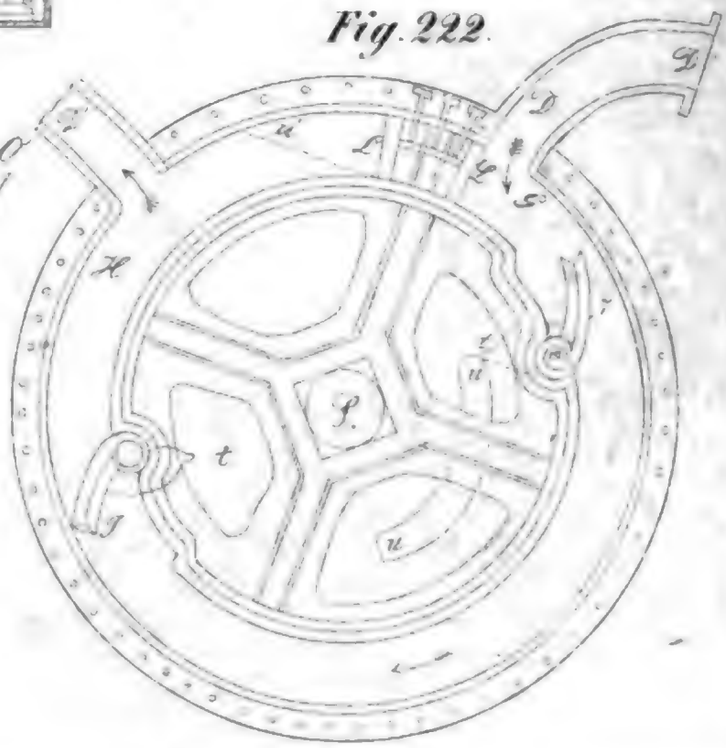


Fig. 222.



TH
PU

NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Fig. 237.

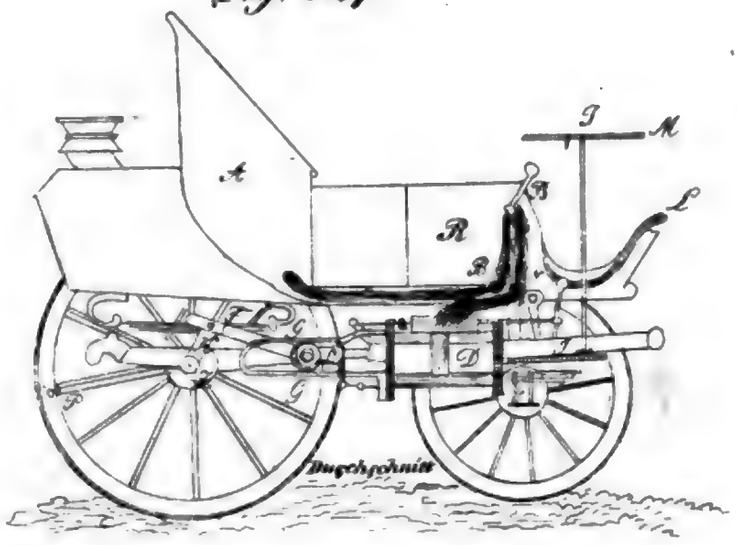


Fig. 231.

Fig. 245.

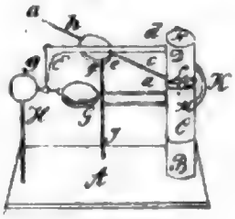


Fig. 243.

Fig. 244.

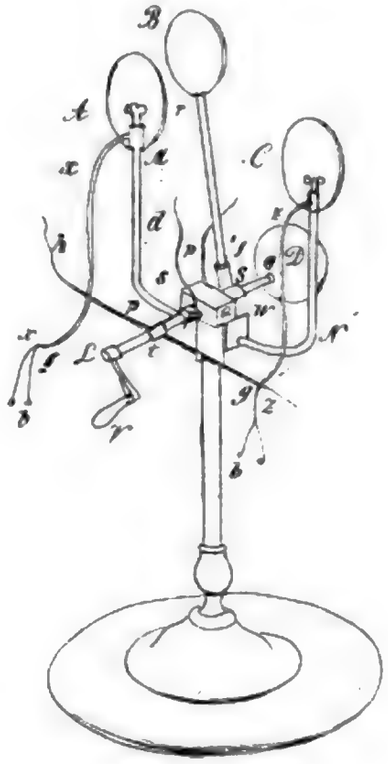
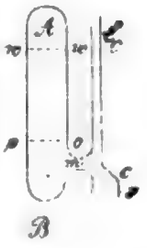


Fig. 242.

Fig. 241.



THE NEW
PUBLIC I
ASTOR,
TILDEN F

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google